СПРАВОЧНИК

СПРАВОЧНИК

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТРУДА ТЕХНОЛОГА-МАШИНОСТРОИТЕЛЯ





АВТОМАТИЗАЦИЯ ТРУДА ТЕХНОЛОГА-МАШИНОСТРОИТЕЛЯ

СПРАВОЧНОЕ ПОСОБИЕ

Киев
«Тэхника»
1991

ББК 34.5-5-05я2
А22
УДК 621

Авторы: *В. Г. Слипченко, А. П. Гавриш, Е. С. Пуховский, Ю. Н. Камаев, В. И. Войтенко, М. И. Осин*
Рецензент *М. В. Каштанов*
Редакция литературы по машиностроению и транспорту
Зав. редакцией *П. Ф. Боброва*

Автоматизация труда технолога-машиностроителя: Справоч-
А22 ное пособие / В. Г. Слипченко, А. П. Гавриш, Е. С. Пуховский и др.— К.: Тэхника, 1991.— 112 с.
ISBN 5-335-00474-6

Рассмотрена рациональная организация автоматизированного рабочего места технолога-машиностроителя. Описаны технические средства автоматизации труда технолога. Освещены вопросы автоматизации проектирования деталей машин и взаимосвязи конструкторского и технологического проектирования. Изложены методики проектирования участков механообработки и ГПС. Описаны системы автоматизированного проектирования технологических процессов и управляющих программ для станков с ЧПУ и промышленных роботов.

Рассчитано на инженерно-технических работников машиностроительных предприятий, может быть полезно студентам вузов.

А $\frac{2705010000-041}{М202(04)-91}$ 141.91 **ББК 34.5-5-05я2**

Справочное издание

Слипченко Владимир Георгиевич, **Гавриш** Анатолий Павлович, **Пуховский** Евгений Степанович, **Камаев** Юрий Николаевич, **Войтенко** Владимир Иванович, **Осин** Михаил Иванович

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТРУДА ТЕХНОЛОГА-МАШИНОСТРОИТЕЛЯ

Справочное пособие

Редактор *С. В. Калина, Е. Н. Деркач*
Оформление художника *Л. А. Дикарева*
Художественный редактор *И. В. Рублева*
Технический редактор *Л. И. Левочкина*
Корректор *Т. Е. Царинская*

ИБ № 4221

Сдано в набор 22.11.90. Подписано в печать 28.02.91. Формат 60×90 1/16. Бумага типографская № 2. Гарнитура литературная. Печать высокая. Усл. печ. л. 7,00. Усл. кр.-отт. 7,38. Уч.-изд. л. 10,44. Тираж 5500 экз. Зак 0—316. Цена 2 р.

Издательство «Тэхника». 252601, Киев, 1, ул. Крещатик, 5.

Отпечатано с матриц Головного предприятия республиканского производственного объединения «Полиграфкнига» 252057, Киев. ул. Довженко, 3 на Киевской печатной фабрике «Жовтень», ул. Артема, 25.

ISBN 5-335-00474-6

ПРЕДИСЛОВИЕ

Важным направлением повышения эффективности машиностроительного производства является автоматизация его технологической подготовки. При неавтоматизированной подготовке бо́льшая часть рабочего времени технолога (около 90 %) расходуется на нетворческие работы — на поиск нужной информации в справочниках, нормалях и стандартах, на оформление разрабатываемой документации и т. д. Автоматизация позволяет выполнять эти работы значительно быстрее и качественнее с помощью ЭВМ, чертежно-графических автоматов, алфавитно-цифровых печатающих и других устройств.

В предлагаемом пособии рассмотрены основные характеристики применяемых ЭВМ и базовых программных средств. Даны рекомендации по организации, рациональной эксплуатации, математическому и программному обеспечению автоматизированного рабочего места (АРМ) технолога-машиностроителя. Приведены методики проектирования конструкций деталей машин, проектирования технологических процессов и управляющих программ для станков с ЧПУ, разработки проектов технологических систем машин. Книга отличается от ранее изданных работ тем, что в ней с системных позиций обобщен опыт в области автоматизации труда технолога-машиностроителя на базе современных персональных ЭВМ. Материалом для книги послужили результаты исследовательских работ авторов и обобщение опыта работ по созданию пакетов прикладных программ и систем автоматизированного проектирования конструкции изделия, технологии и управляющих программ для оборудования с ЧПУ.

Книга предназначена для инженерно-технических работников, занимающихся вопросами технологической подготовки производства, может быть использована студентами вузов соответствующих специальностей.

Отзывы и пожелания просим направлять по адресу: 252601 Киев, 1, ул. Крещатик, 5. Издательство «Тэхника».

Глава 1
АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ РАБОЧЕЕ МЕСТО ИНЖЕНЕРА-ТЕХНОЛОГА

ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ

В настоящее время в составе АРМ широко применяются персональные электронно-вычислительные машины (ПЭВМ) моделей IBM PC/XT, IBM PC/AT, PS-2.

Возможности автоматизированного проектирования зависят от объемов оперативной и внешней памяти персональной ЭВМ, времени доступа и скорости работы процессора ЭВМ. Объем оперативной памяти определяет скорость выполнения задач проектирования, т. е. время реакции АРМ на запрос пользователя. Объем адресуемой оперативной памяти для моделей типа IBM PC/XT составляет 640 Кбайт, для моделей типа IBM PC/AT — 2 Мбайт, для моделей типа PS-2 — 16 Мбайт.

Основными характеристиками процессов персональной ЭВМ являются количество разрядов обрабатываемого числа и тактовая частота. В моделях типа IBM PC/XT применяется 16-разрядный МП 8086 с тактовой частотой 4—6 МГц. Для ускорения выполнения арифметических операций с плавающей запятой целесообразно подключать дополнительный процессор (сопроцессор) МП 8087. В моделях типа IBM PC/AT применяется 16-разрядный МП 80286 с сопроцессором МП 80287 или 32-разрядный МП 80386, в моделях типа PS-2 — процессоры МП 80286 и МП 80386.

Наиболее распространенными устройствами внешней памяти ПЭВМ являются гибкие и жесткие накопители на магнитных дисках. Гибкие диски дешевле жестких, но имеют меньшую емкость памяти и большее (в 10 раз) время доступа (поиска информации).

В моделях IBM PC/XT, IBM PC/AT, PS-2 применяются гибкие диски размером $5\,^1/_4$ дюйма, емкостью 360 Кбайт, 720 Кбайт и 1,2 Мбайт в зависимости от конструкции дисковода, качества покрытия диска. Могут использоваться также диски размером 3 дюйма емкостью 1,2 Мбайт. Гибкие диски являются удобным средством для переноса информации (программ) пользователям.

Жесткие диски (винчестеры) вмонтированы в накопители и таким образом предохраняются от механических повреждений. Конструкция жесткого диска обеспечивает высокую плотность записи и быстрый доступ информации. Емкость накопителей на жестких дисках составляет 20—300 Мбайт.

При выполнении работ по изготовлению чертежей, проектированию печатных плат и подготовке технической документации ПЭВМ должна быть оснащена специальными устройствами ввода-вывода графической информации.

К устройствам графического ввода относятся электронный и другие планшеты, электронная «мышь», световые перья. Электронный планшет представляет собой плоскую панель, на поверхности которой специальным электронным карандашом можно нарисовать контур изображения. Конструкторы привыкли работать с карандашом и бумагой, и многие из них предпочитают электронный планшет другим устройствам графического ввода, применяемым в САПР. Электронные планшеты выпускаются размером от 15 × 15 до 150 × 100 см. Кроме электронного карандаша применяется устройство, называемое электронным визиром. Этот прибор заключен в прямоугольный корпус, в котором имеется отверстие с визиром. Работая с меню, изображенным на планшете, пользователь вводит не графическую информацию, а команды, указанные на его клавишах.

Для обработки положения указателя на экране дисплея используют устройство графического ввода, управляемое перемещением руки оператора,— электронную «мышь». Существует два типа «мышей». Электронная «мышь» первого типа снабжена роликами, на которых она катится по любой равной поверхности. По количеству оборотов роликов ЭВМ рассчитывает текущие координаты «мыши» на поверхности. Координаты «мыши» другого типа определяются оптической системой.

Для непосредственного ввода графических данных в ЭВМ без использования клавиатуры применяют световые перья. Пользователь вводит изображение, «нарисовав» его пером на экране. К недостаткам световых перьев относят малую точность ввода изображений и необходимость держать перо под прямым углом к экрану.

Устройства графического вывода дают возможность пользователю САПР получить графические изображения результатов проектирования. К таким устройствам относятся графические дисплеи ЭВМ и графические станции.

В моделях IBM PC/XT, IBM PC/AT и PS-2 применяются цветные и черно-белые дисплеи. Разрешающая способность дисплея CGA составляет 320 × 200 точек, EGA — 640 × 350 точек, VGA — 640 × 480 точек, Hercules — 720 × 348 точек. Графические станции обладают разрешающей способностью 1024 × 1024 точки.

Наиболее удобными устройствами для получения чертежей на бумаге являются перьевые графопостроители.

К устройствам ввода-вывода графической информации автоматизированного рабочего места технолога относятся также перфоратор и фотосчитыватель. Эти устройства позволяют ввести и вывести графическую информацию (траекторию движения инструмента при обработке детали). Однако их подключение к стандартной персональной ЭВМ требует специальных технических и программных средств сопряжения.

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА АРМ

Программное обеспечение АРМ конструктора и технолога на базе персональной ЭВМ типа IBM PC позволяет осуществить автоматизацию труда инженера в рамках систем типа CAD/CAM. Автоматизированное конструирование (CAD) может быть обеспечено рядом пакетов, такими как AutoCAD (фирма «AUTODESK»), CADplan (фирма «Персонал КАД системс») и др. [6, 4]. Система типа AutoCAD дает возможность изготовлять разнообразные чертежи и схематические изображения.

При создании чертежей используются следующие графические элементы: точки и прямые линии различной толщины; окружности, дуги, кривые произвольной толщины; текстовые фрагменты, состоящие из букв и цифр произвольного размера; графические примитивы, создаваемые пользователем и записываемые в библиотеку системы; изображения, полученные на предыдущих этапах проектирования и подлежащие дальнейшей обработке.

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ЧЕРТЕЖНЫХ РАБОТ

Основные компоненты и характеристики системы AutoCAD. Пакет программы AutoCAD представляет собой систему автоматизации чертежных работ (АЧР). Прикладные системы АЧР являются очень мощным инструментальным средством. Скорость и легкость, с которыми могут быть выполнены подготовка и модификация чертежа при использовании вычислительной системы, обеспечивают существенную экономию времени по сравнению с «ручным» черчением. Система AutoCAD дает пользователю персональной ЭВМ возможности, ранее доступные только при использовании больших и дорогих ЭВМ.

С помощью системы могут быть выполнены чертежи для машиностроительных, электронных, химических и строительных приложений; технологические схемы и организационные диаграммы; архитектурные чертежи; графики и другие представления математических функций; кривые любого вида; рисунки.

Для отображения чертежей используют графический дисплей, принтер или графопостроитель. Каждое вносимое изменение мгновенно отражается на экране дисплея. Для построения чертежей система AutoCAD содержит набор графических примитивов (линий, окружностей, строк символов). Примитивы задаются командами, которые могут быть введены с клавиатуры или выбраны из экранного меню или меню цифрового планшета. Каждый графический примитив определяется параметрами, одним из которых обязательно является точка, в которую необходимо поместить примитив. Затем можно вычертить другой примитив или выполнить какую-либо функцию системы AutoCAD. Средства системы позволяют изменять (редактировать) чертеж множеством различных способов. Примитивы можно стирать, сдвигать, дублировать для формирования повторяющихся фрагментов чертежа. Система позволяет размещать с

достаточной точностью объекты в пределах чертежа. Получение «твердой» копии чертежа выполняется в режиме вывода на печатающее устройство или графопостроитель.

Чертеж в системе AutoCAD представляет собой файл с информацией, описывающей графическое изображение. Размер чертежа не ограничен, могут быть использованы любые единицы измерения.

Координаты используются для определения местоположения точек в декартовой системе координат. Координата X указывает расположение по горизонтали, координата Y — по вертикали. Таким образом, любая точка на чертеже может определяться парой координат X и Y. Точка (0, 0) обычно располагается в левом нижнем углу чертежа.

Единицы измерения на чертеже могут быть любыми (сантиметры, метры, ангстремы, дюймы, футы и т. д.). Например, если линия задана двумя точками с координатами (1, 1) и (1, 2), она имеет длину в одну единицу. При выводе чертежа на графопостроитель обязательно указывается масштабный коэффициент.

Изменение масштаба и панорамирование используются для увеличения или уменьшения видимого образа чертежа на экране. Крупный план позволяет увеличить небольшой фрагмент чертежа и отобразить на экране значительное количество деталей. Общий план дает возможность видеть большой фрагмент чертежа. При вычерчивании сложных элементов используют крупный план. Максимальный масштабный коэффициент составляет 1×10^{12}.

На дисплее можно просмотреть весь чертеж сразу или по частям. Необходимо помнить, что координаты точек соответствуют фиксированным позициям на чертеже, а не месту их изображения на экране, т. е. абсолютное расстояние между примитивами является постоянным, изменяется лишь изображение на экране.

Панорамирование дает возможность просматривать различные фрагменты чертежа без изменения его размеров.

Размеры чертежа определяются прямоугольной областью, заданной координатами. Например, если чертеж помещается в прямоугольнике размерами 20×25 см, то задание границ этого прямоугольника выполняется записью координат нижнего левого угла (0, 0) и верхнего правого (25, 20). Если формируемый чертеж выходит за ранее установленные границы, то их легко можно изменить или отменить выполняемый системой контроль пределов чертежа.

Разрешающая способность характеризует степень детализации, которая определяется применяемым оборудованием ЭВМ: для цифрового планшета — минимальным расстоянием между двумя близко расположенными точками; для графопостроителя — гладкостью линий и точностью размеров изображенного чертежа; для дисплея — количеством точек по координатам X и Y. Разрешающая способность устройства не влияет на внутреннюю разрешающую способность системы, а только на четкость и качество изображения. Например, увеличив масштаб небольшого фрагмента чертежа можно более точно задать координаты точек.

Главное меню обеспечивает функционирование системы на уровне, позволяющем решать такие задачи, как создание новых чертежей, модификация хранимых чертежей, вывод чертежей на бумагу. Главное меню появляется на экране сразу после запуска системы и обеспечивает доступ к таким частям системы, как интерактивный редактор и интерфейс с графопостроителем. Это же меню позволяет завершить сеанс работы с системой.

Интерактивный редактор чертежей дает возможность отобразить на дисплее чертеж и предоставляет в распоряжение пользователя набор команд для создания, редактирования, просмотра чертежей и вычерчивания их на бумаге. После завершения работы с чертежом перед возвратом в главное меню все внесенные изменения можно сохранить или удалить.

Хранение базы данных осуществляется в виде файлов, имена которых задаются пользователем. В таком файле хранится вся информация о чертеже: размер всего чертежа, размеры и расположение каждого элемента и т. д.

Ввод точек и команд выполняется с клавиатуры и цифрового планшета. Если используется клавиатура, то можно задать как абсолютные координаты точки, так и координаты относительно последней заданной точки. Точку можно также задать, фиксируя ее координаты с помощью клавиши управления курсором.

Ввод команд можно выполнять, набирая команду на клавиатуре, выбирая из готового меню системы (меню экрана, меню планшета, кнопочного меню) или создавая индивидуальное меню пользователя.

Меню экрана появляется на дисплее при вызове редактора чертежей. Это меню дает возможность задавать команды путем их указания при помощи устройства указания или клавиатуры. На цифровом планшете может быть размещено до четырех меню. Команды меню планшета задаются указанием на них карандашом с одновременным нажатием кнопки. Если на карандаше цифрового планшета или на устройстве типа «мышь» есть несколько кнопок, то дополнительные кнопки можно использовать для задания часто используемых команд кнопочного меню.

Вычерчивание чертежа с помощью графопостроителя позволяет получить его «твердую» копию. В процессе формирования чертежа для поиска ошибок размещения элементов и задания размеров, которые плохо видны на экране, можно выводить его контрольные копии.

Графические объекты на чертеже могут быть простыми и сложными. Система AutoCAD позволяет построить сложный объект из простых, а затем манипулировать этим сложным объектом как единичным. Система дает возможность создавать сложные геометрические структуры.

Графические примитивы представляют собой элементы, помещаемые в чертеж одной командой: Линии (*Lines*), Дуги (*Arcs*), Блоки (*Blocks*), Трассы (*Traces*), Текст (*Text*), Точки (*Points*), Тела (*Solids*), Окружности (*Circles*), Формы (*Shapes*), Атрибуты (+2), Ломаные (+3).

Трассы — это сплошные линии любой указанной толщины, Формы — небольшие объекты, которые можно определять вне системы и помещать в заданную точку чертежа под заданным углом и в заданном масштабе. Атрибуты (+2) позволяют включить текстовую информацию в Блоки. Ломаные (+3) соединяют между собой сегменты и дуги при помощи штрихпунктирных линий заданного типа и толщины. Линии, дуги и окружности можно вычерчивать различными типами линий, фрагменты текстов — различными шрифтами.

Вставка чертежей позволяет считать построенный с помощью AutoCAD чертеж как Блок и вставлять его в формируемый чертеж. Используя эти принципы можно создать библиотеку пользователя. Создаваемые фрагменты могут содержать любое количество графических примитивов. Однажды используемый фрагмент рассматривается в системе как простой примитив, над которым можно выполнять операции перемещения или удаления.

Уровни, цвета и типы линий позволяют распределить различные фрагменты чертежа по разным уровням. Разбиение на уровни дает возможность рассматривать и вычерчивать связанные фрагменты чертежа отдельно или в любой комбинации. С каждым уровнем чертежа связывают цвет и тип линий. Цвет кодируется числом от 1 до 255. Тип линии представляет собой последовательность сегментов линий и пробелов, что позволяет конструктору концентрировать внимание на важных деталях чертежа, выделять последние изменения, визуально отображать взаимосвязи графических примитивов. Так, в чертежах деталей целесообразно применять различные типы линий для осей и контуров.

Обмен графической информацией с различными системами возможен благодаря тому, что чертеж в системе AutoCAD хранится в виде символьного файла в коде ASCII, который может затем легко обрабатываться с помощью программ пользователя или передаваться в другой компьютер. Файлы такого типа (DXF), создаваемые любыми программными системами, могут быть переданы в систему AutoCAD с тем, чтобы, используя ее средства, представить эти файлы в виде чертежей на дисплее, принтере, графопостроителе.

Дополнительные средства — три программных пакета ADE-1, ADE-2, ADE-3 позволяют значительно расширить возможности системы. Для работы пакета ADE-2 необходим пакет ADE-1, а для ADE-3 — наличие обоих в составе системы.

Пакет ADE-1 обеспечивает полуавтоматическое задание размеров, простановку размерных линий, стрелок, диаметров, радиусов окружностей. Для сопряжения двух линий используются плавные дуги. Для точной стыковки с дугой сопряжения линии могут удлиняться или укорачиваться. Система позволяет сформировать фаску на пересечении двух прямых, отсекая от них необходимые куски. Линии, трассы, дуги могут объединяться или делиться на части. Например, часть окружности может быть удалена, образуя тем самым дугу. Оси на экране могут состоять из любой комбинации штрихов. Система содержит два типа единиц линейных размеров: футы и дюймы. Углы можно задавать в градусах, радианах, минутах, секундах. Система дает возможность выполнять эскизы от руки при помощи устройства указания.

Пакет ADE-2 обеспечивает привязку к опорным точкам чертежа геометрических объектов, а также привязку к точкам экранной сетки. Система позволяет выполнять следующие операции: изменять формат изображения на экране; осуществлять поворот фиксированной сетки, а также направляющих линий; получать изометрическое изображение сетки и производить привязку геометрических объектов. Пакет ADE-2 дает возможность осуществлять поиск поименованных объектов, получение их зеркальных отображений и слайдов, фиксирующих изображение на экране. Система позволяет задавать и находить атрибуты, содержащие текстовую информацию, которая сопровождает каждый геометрический объект, входящий в состав чертежа. Атрибуты имеют имена и значения. По имени атрибута можно извлекать информацию из базы данных, выполнять над ней различные действия.

Пакет ADE-3 дает возможность получать трехмерные изображения, формируемые путем «выдавливания» объектов двухмерного чертежа. Пакет включает средства вычерчивания и редактирования ломаных линий, состоящих из связанных между собой сегментов линий и дуг. Ломаные линии могут образовывать замкнутые многоугольники, площадь и периметр которых вычисляются. В процессе формирования объектов они могут выделяться более ярким свечением на экране. Пользователь системы AutoCAD может расширять возможности системы, создавая новые команды.

Главное меню системы появляется на экране дисплея после загрузки системы. Выбор из меню выполняется нажатием клавиши с цифрой (от 0 до 8), соответствующей той ветви, на которую требуется перейти, а затем клавиши RETURN или «пробел». Во время короткого диалога запрашивается дополнительная информация. Если в ходе диалога допущена ошибка, для возврата в главное меню следует нажать клавиши.

Ветвь 0 обеспечивает выход из системы и возвращает управление операционной системе. Ветвь 1 позволяет начать формирование нового чертежа. Для этого система запрашивает имя создаваемого чертежа:

Введите ИМЯ чертежа

Имя, которое введено, становится именем того файла, который используется для хранения чертежа на жестком диске. Всем чертежам присваивается тип файла DWG, который автоматически добавляется к имени чертежа. Имя чертежа состоит из букв, цифр, специальных символов $ (знак доллара), - (дефис), — (подчеркивание). Примеры имен: OFFICE, 803, $-ZK.

Перед именем чертежа можно указать имя диска или путь доступа в справочник, например B: OFFICE, C:/PARTS/ELECT/CAP. При создании нового чертежа может быть использован его прототип. Для этого при запросе системы «Введите имя чертежа:» могут быть три варианта ответов: ИМЯ чертежа; ИМЯ чертежа = имя прототипа; Имя чертежа =.

Первый вариант ответа предполагает, что система использует сформированный прототип, выбираемый по умолчанию. Во втором варианте задается другой прототип, а третий вариант указывает, что прототипы не используются. Пример второго варианта ответа:

Введите имя чертежа: WIDGET = ANSI

Здесь для нового чертежа с именем WIDGET используется среда, сформированная на основании прототипа ANSI. Это означает, что файл ANSI • DWG копируется в файл WIDGET · DWG, затем файл WIDGET редактируется.

После указания имени нового чертежа проверяется наличие этого имени в справочнике, и если это имя уже существует, на экране не появляется сообщение:

** Чертеж с указанным именем уже существует.
Будете ли Вы заменять новым чертежом?
Нет/Да.

Если после редактирования чертежа новый чертеж должен заменить прежний, указывается «Да».

Ветвь 2 обеспечивает редактирование чертежей, внесение изменений и дополнений в существующий чертеж или отображение чертежа на экране. Для этого необходимо указать имя чертежа:

Введите ИМЯ чертежа: B : PC.

Если чертеж с указанным именем не найден, то появляется сообщение:

ИМЯ ** не найдено,

где ** — имя чертежа.

Ветвь 3 позволяет вывести чертеж на графопостроитель. В этом режиме можно

получить «твердую» копию чертежа при помощи графопостроителя. При запросе «Введите ИМЯ чертежа» необходимо указать требуемое имя.

Ветвь 4 дает возможность вывести чертеж на принтер, получить «твердую» копию при помощи печатающего устройства. На запрос «Введите ИМЯ чертежа» указывается необходимое имя, и система выводит чертеж на принтер.

Ветвь 5 позволяет выполнять конфигурирование системы путем выбора программ (драйверов) для конкретного графического оборудования (дисплея, принтера, графопостроителя).

Ветвь 6 дает возможность использовать программы работы с файлами, выполнять удаление, копирование файлов, изменение его имени, получение каталога диска.

Ветвь 7 обеспечивает формирование файла формы или шрифта, обеспечивает создание файла шрифта необходимого типа.

Ветвь 8 позволяет выполнять преобразование файлов чертежей, созданных в версиях предшествующих версии 2.0 системы AutoCAD в файлы нового формата версии 2.0.

Редактор чертежей. При запуске редактора чертежей система производит очистку экрана, а затем выводит на него чертеж в том виде, в котором он хранился на диске. Если это новый чертеж, то поле экрана чистое. Сообщение в нижней части экрана «Команда:» означает, что редактор готов выполнять команды для создания, просмотра, модификации и вывода чертежей. Если для работы с текстовой и графической информацией используется только один дисплей, то для ввода команд и данных выделяется небольшая область под графическим изображением.

Команды редактирования (см. приложение) можно выбирать из экранного меню, меню цифрового планшета, кнопочного меню или меню клавиатуры. Экранное меню высвечивается на правой стороне графического монитора. Меню содержит много элементов, которые не могут поместиться на экране, поэтому экранное меню разбивается на «уточняющие меню», содержащие варианты сложных элементов меню. Команды экранного меню удобно вводить с помощью устройства «мышь», перемещающего вверх или вниз по меню маркер и высвечивающего нужный элемент.

Меню редактора размещается на специальном участке планшета. Для выбора команды пишущий элемент планшета устанавливают над нужным элементом меню и нажимают кнопку.

Кнопочное меню может быть реализовано при помощи дополнительных кнопок устройства «мышь».

Если в составе ЭВМ есть только клавиатура, то работа с экранным меню выполняется путем перемещения маркера при помощи клавиши. Команды редактора можно набирать на клавиатуре.

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

АРМ технолога на базе ПЭВМ позволяет автоматизировать наиболее трудоемкие задачи технологической подготовки производства (ТПП): разработку технологических процессов и формирование технологической документации; разработку управляющих программ (УП) и соответствующей документации.

В составе АРМ технолога используются традиционные САП (ТЕХТРАН, ИНТЕРСАП, САП ПК), оснащенные мощными средствами графической поддержки; САП объемной обработки сложных поверхностей; САПР ТПП; системы типа САД/САМ, использующие конструкторскую документацию, подготовленную системами типа AutoCAD, для разработки УП.

Система типа САД/САМ для формирования операций обработки на оборудовании с ЧПУ. Система дает возможность правильно выбрать заготовки и инструмент, составить план обработки, получить УП для оборудования с ЧПУ и отпечатать технологическую документацию. Входными данными для системы являются чертежи деталей, формируемые графическим редактором AutoCAD.

Разработаны два варианта системы: первый — позволяет решать проблему подготовки технологических процессов и УП для любого двухкоординатного оборудования с ЧПУ (токарных, электроэрозионных станков), второй — дает возможность выполнять полуторакоординатную обработку на фрезерных станках и обрабатывающих центрах.

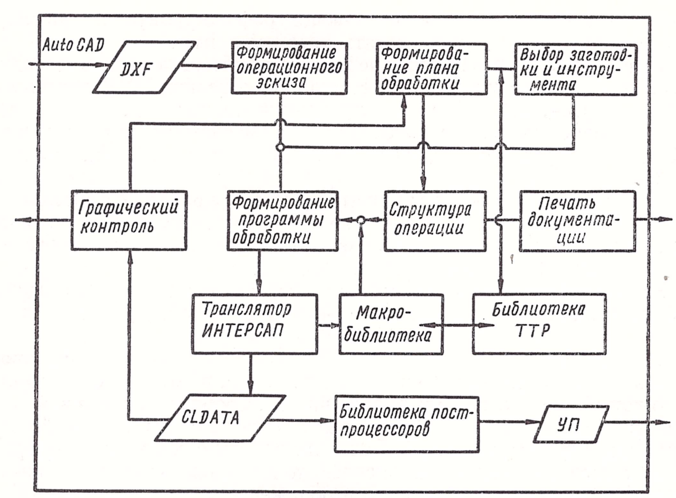


Рис. 1. Структурная схема системы.

В качестве входной информации система использует геометрическую информацию о детали. Применение системы наиболее эффективно, если чертеж детали подготовлен конструкторскими службами предприятия с использованием высокопроизводительного графического редактора AutoCAD (может быть также использован любой другой, обеспечивающий подобные функции). Обмен информацией между AutoCAD и системой производится посредством файла типа DXF в формате обмена AutoCAD.

Проектирование технологического процесса выполняется в несколько этапов. С помощью средств системы на чертеже, полученном от конструктора, технолог помечает обрабатываемые поверхности детали. Затем в режиме диалога он выполняет следующие операции: формирует операционный эскиз, используя графический редактор системы; выбирает тип и параметры заготовки; определяет параметры режущего инструмента; составляет последовательность обработки, используя предоставленный системой набор переходов.

После этого система автоматически генерирует полную программу обработки на языке системы ИНТЕРСАП и формирует файл CLDATA. Для графического контроля технолог использует прорисовку на экране траектории движения инструмента и контура готовой детали, получает УП в кодах конкретного оборудования с ЧПУ и комплект технологической документации.

Достоинством системы является то, что формирование технологического процесса для оборудования с ЧПУ выполняется в диалоговом режиме с использованием привычной для технологов терминологии (подрезать торец, расточить отверстие, снять фаску и т. п.). Характерные для САП понятия (движение по прямой, в точку и т. п.) отсутствуют.

Структурная схема системы приведена на рис. 1. Модуль формирования операционного эскиза содержит графические интерактивные средства для обозначения всех поверхностей, подлежащих обработке. Модуль формирования плана обработки представляет собой многооконный экранный редактор, позволяющий в удобной форме из набора имеющихся переходов, учитывающих специфику конкретного предприятия, сформировать их последовательность для обработки детали. Указанные модули работают в интерактивном режиме. Модуль геометрических преобразований создает полную программу обработки на языке ИНТЕРСАП, а геометрический транслятор преобразует ее в CLDATA. Модуль графического контроля выполняет прорисовку траектории движения инструмента и контура готовой детали. Постпроцессорный модуль формирует УП для конкретной системы ЧПУ. Модуль печати документации позволяет получить «твердую» копию технологической документации в соответствии со стандартом.

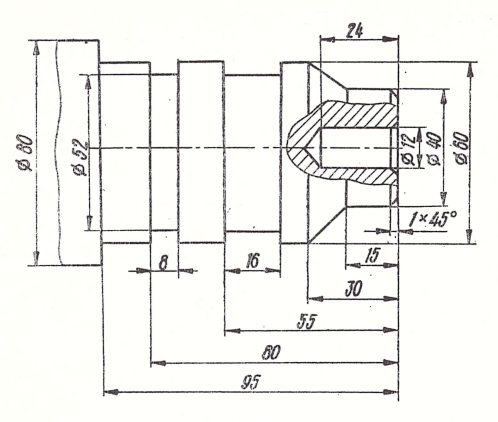


Рис. 2. Деталь типа вал.

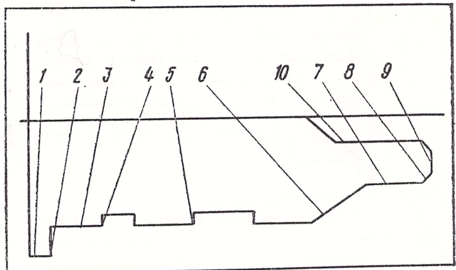


Рис. 3. Операционный эскиз детали, сформированный графическим редактором, с обозначенными обрабатываемыми поверхностями *1—9*.

Основные этапы формирования технологического процесса и УП можно проиллюстрировать на примере обработки детали типа «вал» (рис. 2).

На рис. 3 представлен операционный эскиз, сформированный графическим редактором, на рис. 4 изображена рассчитанная системой траектория перемещения инструмента.

Система проектирования технологических процессов ДИПОЛЬ. Постоянство технологических приемов позволяет, учитывая ограничения реального производства (производственные мощности, материальные ресурсы и т. д.), создавать технологический классификатор (Т-классификатор) в виде справочника технолога с двухуровневой структурой.

Первый «атомарный» уровень состоит из множества технологических унифицированных операций (ТУО) и переходов (ТУП), упорядоченных по кодам операций и алфавиту ключевых слов. В ТУП и ТУО переменная информация опущена и заменена символом-указателем. Составление «атомарного» уровня Т-классификатора выполняется опытным специалистом.

Второй «молекулярный» уровень образуется из сочетаний ТУО или ТУП «атомарного» уровня.

Обозначениями «атомарного» и «молекулярного» уровней Т-классификатора можно описать (закодировать) в своем классе любые технологии. Обозначения «молекулярного» уровня определяют множество имен технологических цепочек, содержащих обозначения «атомарного» уровня Т-классификатора, т. е. обозначений ТУО или ТУП. Более сложные «молекулы» могут состоять из простых. При этом глубина вложения неограничена. Таким образом, основная особенность двухуровневой «атомарно-молекулярной» структуры технологических записей (ТЗ) состоит в том, что из относительно малого набора ТЗ «атомарного» уровня можно образовать много ТЗ «молекулярного» уровня с большой вложенностью в каждую такую запись технологических записей «атомарного» и ранее сформированных записей «молекулярного» уровня.

Процесс технологического проектирования с использованием системы ДИПОЛЬ состоит из предварительной и эксплуатационной стадий.

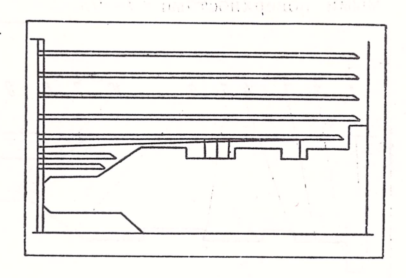
Предварительная стадия заключается в создании текстовой информационной базы данных, учитывающей традиционно сложившиеся приемы обработки типовых классов деталей (сборочных единиц) конкретного производства. Никаких ограничений на технологическую фрагментарность текстовой базы данных нет. Эту работу должны выполнять опытные технологи.

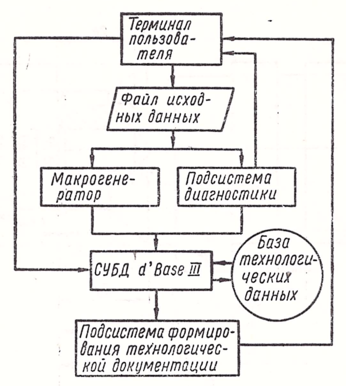
На эксплуатационной стадии пользователь системы формирует исходные данные для процедуры проектирования из обозначений заготовленных в информационной базе технологических фрагментов. Чем более укрупнены используемые фрагменты, тем меньше требуется исходных данных.

В системе ДИПОЛЬ предусмотрено временное редактирование технологических унифицированных фрагментов (ТУФ), удаление, дополнение или замена входящих в них «атомарных» или «молекулярных» данных без изменения состава информационной

Рис. 4. Траектория движения инструмента, построенная системой CAD/CAM.

Рис. 5. Функциональная схема системы САПР ТП ДИПОЛЬ.





базы. Эта возможность позволяет значительно уменьшить размер библиотеки технологических унифицированных фрагментов и широко применяется пользователями, накопившими определенный опыт использования системы технологического проектирования.

Конкретизация технологического проектирования для реальной детали обеспечивается набором переменных конструкторских и технологических величин, указываемых пользователем в исходных данных, которые автоматически вставляются системой в соответствующие технологические тексты в порядке упоминания этих величин в исходных данных. В системе ДИПОЛЬ проверяется количество «вставляемых» величин для каждого кода ТУП, ТУО и ТУФ, указанных пользователем в исходных данных, а также наличие этих кодов в информационной базе и библиотеке технологических унифицированных фрагментов. При этом система сообщает номер строки, где возникла ошибочная ситуация. Эти функции выполняются подсистемой диагностики.

Функциональная система САПР ТП ДИПОЛЬ представлена на рис. 5. Она включает упомянутую выше подсистему диагностики, макрогенератор, систему управления базой технологических данных, подсистему формирования текстовой технологической документации. Макрогенератор «разворачивает» технологические записи «молекулярного» уровня (с большой вложенностью в такие записи «атомарного» и ранее сформулированных записей «молекулярного» уровня) до уровня «атомарных» технологических записей.

Система управления базами данных d'BASE-III [13] позволяет описать базу технологических данных в виде реляционных отношений (таблиц) и эффективно вести ее.

Подсистема формирования технологической документации обеспечивает проектирование по ГОСТ 3.1118—82 следующих документов: маршрутной карты; ведомостей технологических маршрутов, оборудования, технологических маршрутов и оборудования, оснастки, применяемости оснастки, материалов; комплектовочной карты.

Сведения для формирования граф основной надписи по ГОСТ 3.1103—82 и полей титульного листа по ГОСТ 3.1105—84 определяются в диалоге системы с пользователем.

Программная система «АЛЬФА-3Д» для программирования обработки сложных поверхностей. Разработка УП для обработки сложных поверхностей, например штампов и пресс-форм, является очень трудоемким процессом. С целью автоматизации разработана система «АЛЬФА-3Д», которая позволяет программировать обработку поверхностей, заданных кинематическим, точечным (каркасным) и аналитическим способами.

При кинематическом способе задания сложная поверхность образуется направляющей (НК) и образующей (ОК) кривыми. В этом случае НЧ представляет собой геометрическое место точек на поверхности, по которому перемещается ОК, ОК представляет собой геометрическое место точек на поверхности, движущихся по НК. Кривые могут быть сформированы из отрезков прямых, дуг, окружностей и кривых, заданных набором точек. Сложная поверхность, подлежащая обработке, формируется путем перемещения ОК по НК. Она может быть определена семейством ОК и НК, а

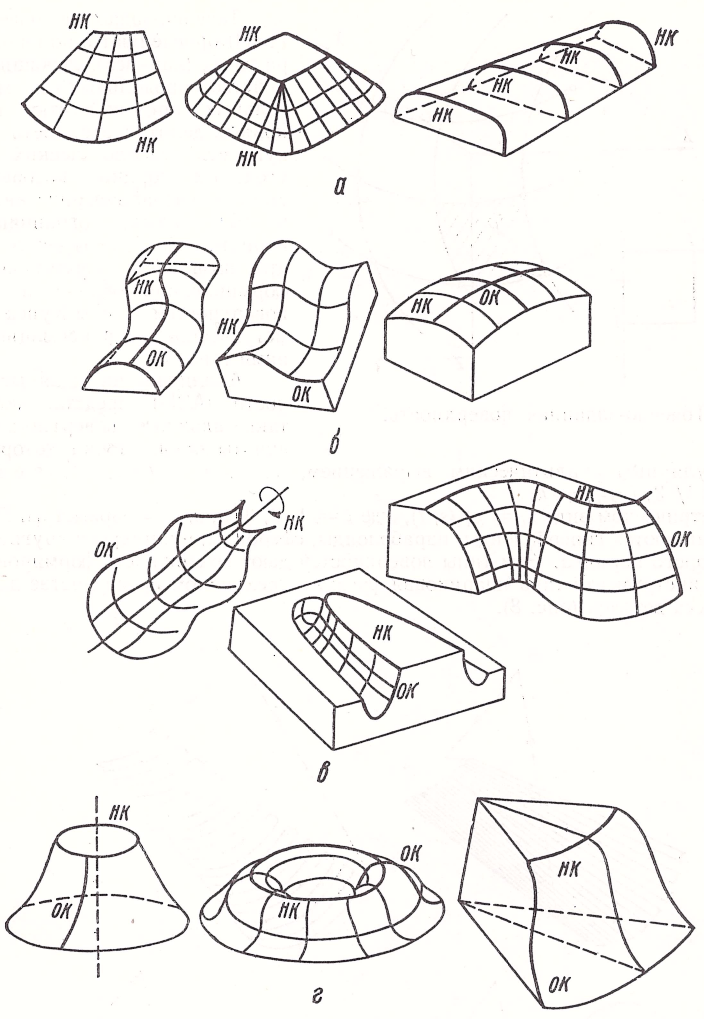


Рис. 6. Поверхности типов:
а — первого, *б* — второго, *в* — третьего, *г* — четвертого.

также способом перемещения (параллельным, радиальным, нормальным) ОК вдоль НК.

Комплекс программ АЛЬФА-3Д позволяет реализовать обработку сложных кинематически заданных поверхностей, состоящих из комбинаций фрагментов поверхностей четырех типов.

Первый тип представляет собой линейчатые поверхности, т. е. поверхности, которые имеют две направляющие кривые, соединенные прямыми линиями (рис. 6, *а*). Ко второму типу относят поверхности, генерируемые посредством переноса *ОК* вдоль *НК* (рис. 6, *б*), к третьему — поверхности, получаемые посредством радиального передвижения *ОК* относительно *НК* (рис. 6, *в*). Четвертый тип включает поверхности, генерируемые посредством такого передвижения *ОК* относительно *НК*, что поперечное сечение по *ОК* всегда формируется в направлении нормали к направляющей кривой (рис. 6, *г*).

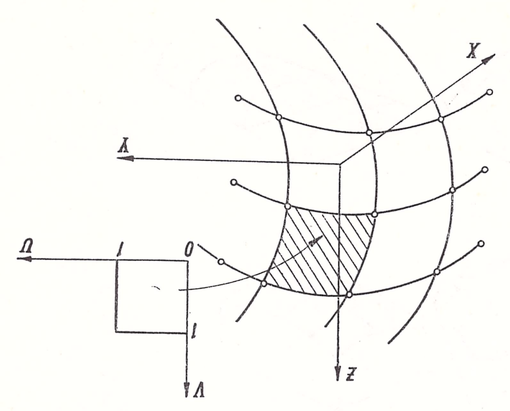


Рис. 7. Точечно-заданная поверхность.

Точечно-заданные поверхности (ТЗП) определяют с помощью набора точек (каркаса), лежащих на семействе продольных и трансверсальных кривых, сетка из этих кривых делит поверхность на совокупность топологических прямоугольных порций, которые представляются параметрически. Параметры кривых, ограничивающих порции, обозначены через x_i и x_k, что позволяет использовать для формирования обработки сложных поверхностей методы Кунса и параметрической аппроксимации сплайнами (рис. 7).

Аналитически заданные поверхности (АЗП) представляют собой такие сложные поверхности, координаты каждой точки которых связаны регулярным аналитическим выражением, т. е. $x_i = f(x_i, x_k)$, где $i, j, k = 1 \vee 2 \vee 3$; $i \neq j \neq k$.
В параметрическом виде $x_i = g_i(s, t)$, где $i = 1, 2, 3$; a, s, t — параметры. Примерами АЗП являются гиперболоиды, параболоиды, сфероиды, цилиндры и другие поверхности второго порядка. Эти типы поверхностей дают возможность формировать траекторию инструмента типа «шариковая фреза» в трехмерном пространстве для широкого класса деталей (рис. 8).

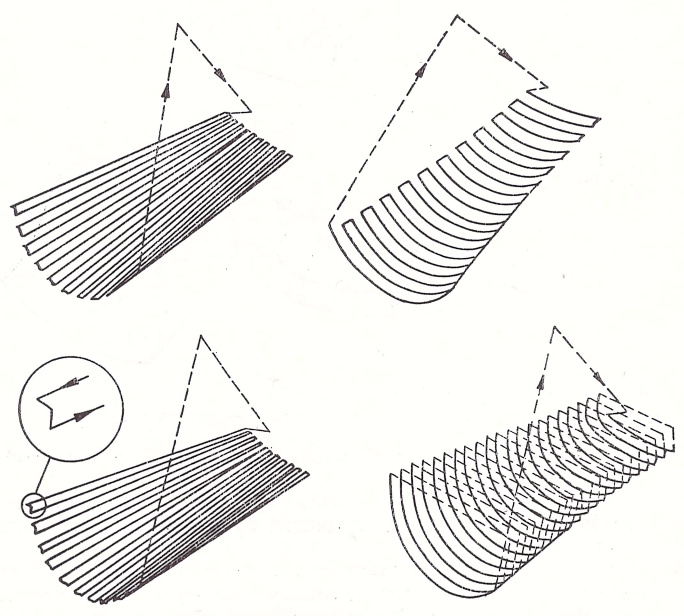


Рис. 8. Траектории движения инструмента типа шариковая фреза.

Комплекс программ АЛЬФА-3Д позволяет выполнять все расчеты, необходимые для формирования траектории движения инструмента при трехмерном перемещении. Кроме того, он обеспечивает возможность выбора направления и схемы обработки.

В состав комплекса программ АЛЬФА-3Д входит специальный модуль прорисовки траектории инструмента в изометрии на экране терминала для визуального контроля получаемой поверхности.

Геометрическая информация для АЛЬФА-3Д может быть задана следующими способами: ТЗП в виде файла, полученного с помощью математической модели обрабатываемой поверхности; интерактивным вводом информации для ТЗП или характеристик образующих и направляющих; описанием образующих и направляющих на входном языке системы; графическим описанием образующих и направляющих, например, при помощи системы AutoCAD.

Технологическая информация (тип поверхности, тип инструмента, радиус инструмента, тип траектории, схема обработки, начальная точка, допуск) вводится в диалоговом режиме.

Пакетом программ АЛЬФА-3Д формируется файл CLDATA с фиксированной длиной записи, обрабатываемый постпроцессором для получения УП.

Глава 2

АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

ПРЕДПРОЕКТНЫЙ АНАЛИЗ ПРОИЗВОДСТВА

Проблемы автоматизации целесообразно решать в составе интегрированного производственного комплекса (ИПК), охватывающего все стадии производства: исследование, конструирование, технологическую подготовку и организацию производства. В связи с этим возникла необходимость рассматривать производственную систему, которую в машиностроении называют компьютеризированным интегрированным производством (КИП). В такой системе организация функционирования производства осуществляется путем использования интегрированной системы данных, позволяющей автоматизировать управление информационными и материальными потоками между различными производственными подсистемами. Указанные подсистемы на различных уровнях производства (завод, цех, участок, ГПС, ГПМ) выполняют определенные функции: организацию производства; конструирование изделий и деталей; разработку технологических процессов изготовления деталей и сборки изделий; планирование, диспетчирование и оперативное управление производством.

Использование концепции КИП позволяет обоснованно подойти к решению частных задач автоматизации.

Проектирование технологических систем механообработки значительно упрощается при создании систем автоматизированного проектирования, позволяющих повысить качество и производительность труда проектировщиков, конструкторов и технологов.

Функциональные возможности таких САПР охватывают все этапы создания технологических систем для изготовления объектов новой техники [2]: проектирование промышленных комплексов для производства новых машин, промышленных объектов для изготовления агрегатов и узлов машин и технологических систем (ТС) для изготовления деталей машин и их сборки.

Третье направление связано с созданием технологических систем механо-сборочного производства. Опыт, накопленный в нашей стране и за рубежом, показывает, что для САПР ТС необходимо создание комплексных систем для проектирования ТС в рамках конкретного производственного объединения, а также специализированных САПР для отдельных этапов проектирования ТС с учетом производственных возможностей всех отраслей промышленности, участвующих в создании новых технологических систем [2].

САПР ТС позволяет автоматизировать следующие операции: анализ задания заказчика и разработку технологического задания (ТЗ) на проектирование ТС; разработку структуры технологического процесса с учетом возможностей концентрации операций; выбор структуры оборудования ТС, обеспечивающей заданный коэффициент его технического использования; получение в результате проектирования необходимой технической документации.

Отдельные подсистемы интегрированной САПР ТС, методически, информационно и программно объединенные в единую систему, позволяют определить основные

характеристики, определяющие технологическую систему для изготовления заданной номенклатуры деталей с требуемыми точностью и производительностью. К ним относятся тип ТС (автоматические линии, гибкие автоматизированные производства, отдельные многооперационные комплексы, ГПМ и т. д.), структура технологического процесса, инструментальное обеспечение технологической системы, состав транспортного, вспомогательного и контрольно-измерительного оборудования, структура ТС и ее планировка на заданных площадях, логика управления ТС, число основных и вспомогательных рабочих и их квалификация, технико-экономические показатели ТС и др.

Создание САПР ТП требует организации разветвленной базы данных, содержащей сведения о типовых технологических процессах обработки элементарных поверхностей, основном, транспортном и вспомогательном оборудовании, а также режущем и мерительном инструментах, типовых инструментальных наладках, средствах технологического оснащения (приспособлениях, наладках, устройствах), ТС-прототипов, типовых компоновках участков механической обработки.

Для решения комплекса задач, связанных с проектированием ТС, необходима разработка специализированных САПР следующего за САПР ТС уровня иерархии: САПР новых технологических процессов, САПР специального инструмента, САПР инструментальных узлов и наладок, САПР систем управления [2].

На первоначальном этапе проектирования ТС необходимо проведение так называемых предпроектных исследований.

Основными этапами предпроектного исследования производства при создании ТС являются анализ номенклатуры и автоматизированный отбор деталей, формирование групп деталей, автоматизированное проектирование элементной технологии и определение рационального уровня автоматизации производства.

Далее разрабатывается «элементная» технология, которая заключается в представлении деталей отдельными элементами формы (элементарными поверхностями), назначении «элементарного» маршрута обработки этой поверхности (последовательности переходов), режимов выполнения этих переходов и расчета временных характеристик. Выполнение такой работы с широкой номенклатурой деталей «вручную» требует огромных затрат времени технологов-проектировщиков.

«Элементная» технология может стать базой для разработки групповых деталепереходов, формирования инструментального обеспечения, групповой технологической оснастки [15].

На следующем этапе необходимо провести идентификацию технологических «потребностей» группы деталей и технологических возможностей металлорежущего оборудования, т. е. провести сопоставление «элементной» технологии с возможностями оборудования. Это позволит установить состав основного технологического оборудования ТС, предварительно оценить его загрузку и рассчитать его количество.

Для выбора оборудования в автоматическом цикле необходимо организовать базы данных, в которых сведения об оборудовании хранятся в виде моделей, описывающих основные технические, конструктивные и технологические параметры (например, для металлорежущих станков, также как габаритные размеры, размеры стола, мощность привода, точность, тип ЧПУ и т. п.).

Формирование структуры ТС осуществляется поэтапно: сначала путем синтеза определяются наборы оборудования, а затем путем моделирования и при использовании комбинаторных методов выделяется квазиоптимальная структура. При разработке структуры определяется состав не только обрабатывающего оборудования, но и транспортные средства и вспомогательные системы и устройства. Выбор структуры ТС, состава основного и вспомогательного технологического оборудования следует по возможности осуществлять на стадии технического предложения или эскизного проекта, поскольку ошибки, допущенные на этих стадиях, приводят к трудноисправимым последствиям.

При создании ТС необходимо решить проблемы рационального технологического обеспечения инструментом, оснасткой, измерительными приборами, средствами автоматизации вспомогательных процессов (подачи СОЖ, уборки стружки).

Структура ТС определяет состав и функции информационно-измерительной системы, основными задачами которой являются контроль качества обработки и диагностика оборудования, контроль состояния режущего инструмента, управление технологическим процессом.

Отбор технологом деталей для обработки в создаваемой ТС — трудоемкий процесс, связанный с анализом большого количества чертежей и технологических процессов. Для решения этой задачи необходимо применять автоматизированные системы формирования номенклатуры деталей для обработки в ТС конкретного назначения. В этих системах используются информационно-поисковые системы (ИПС), располагающие базами данных о конструктивно-технологических признаках деталей.

На большинстве предприятий существует информационная база АСУП, содержащая сведения о деталях, поэтому предварительный отбор номенклатуры деталей может производиться по следующим массивам: «Состав изделия», «Маршрутная карта» (подетальные трудовые нормативы), «Материальная карта». В качестве входной информации используются форма 1 «Производственная программа» и форма 2 «Ограничения по габаритным размерам, массе и штучному времени».

При выполнении процедуры на ЭВМ используют диалоговую процедуру, которая предусматривает принятие некоторых решений технологом. Программное обеспечение описаний подсистем реализовано на языке Ассемблер ЭВМ ЕС.

Важным этапом технологического анализа многономенклатурного производства является группирование данных: составление групп деталей и детале-операций, построение групповых технологических маршрутов, операционных типовых технологических процессов.

При группировании деталей необходимо прежде всего определить набор признаков группирования в виде классификационного ряда, в котором признаки располагаются по уровню значимости (табл. 1). Среди предложенных признаков установить иерархию можно лишь для небольшого их числа (материала, массы, геометрической формы, габаритных размеров, точности, качества поверхности, серийности.

1. Набор признаков для группирования деталей при механической обработке на различном оборудовании

Признак	Станок				
	токарный	револьверный	фрезерный	сверлильный	агрегатный
Геометрическая форма детали	+	+	+	+	+
Габаритные размеры	+	+	+	+	+
Точность размеров и качество поверхности	+	+	+	+	+
Материал заготовки	+	+	+	+	+
Серийность	+	+	+	+	+
Вид исходной заготовки	+	+	—	—	+
Диаметры отверстий	+	+	—	+	—
Форма отверстий	—	—	—	+	—
Расположение отверстий	—	—	—	+	—
Число канавок (наружных, внутренних)	+	+	—	—	—
Наличие канавок на торце	+	+	—	—	—
Наличие резьбы (наружной, внутренней)	+	+	—	+	—
Шаг резьбы	+	+	—	+	—
Наличие сферических, конических поверхностей (наружных, внутренних)	+	+	+	+	+
Жесткость деталей	+	+	—	—	—

Детали объединяют в группы по принципу совпадения признаков.

По первой методике детали группируются преимущественно вручную. Допускается использование ИПС ТН. Для группирования необходимо построить классификационные ряды, обладающие следующими свойствами: две детали с одинаковым кодом k одинаковы либо подобны, из трех деталей, коды которых $k_1 > k_2$, $k_2 > k_3$, первая деталь более подобна второй, чем третьей; две детали, имеющие коды, отличающиеся значением младшего признака, находятся в ряду недалеко одна от другой. Группирование деталей по этой методике сложно реализовать в автоматическом режиме, поскольку в этом случае требуется просматривать почти все детали ряда и проверять на возможность включения в группу последующих деталей.

Вторая методика позволяет автоматизировать процедуру группирования детали с помощью ЭВМ. Детали рассматриваются в n-мерном пространстве, и близкие детали компонуются обычно в группу раньше чем детали, стоящие в этом признаковом пространстве на большом расстоянии. Признаки группирования хранятся в базе данных, а запрос на группирование формируется ИПС. Методика реализована в системе «Группроект», структурная схема которой представлена на рис. 9.

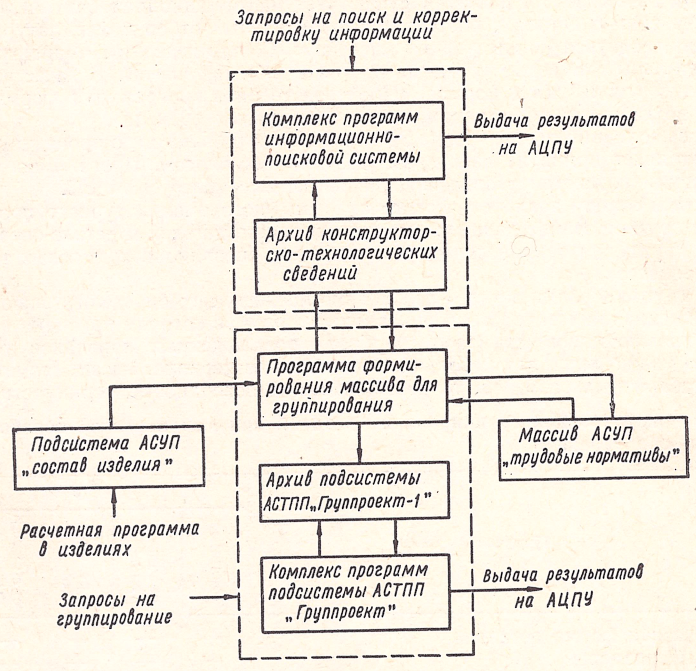


Рис. 9. Структурная схема системы «Группроект».

В системе выделены следующие подсистемы: ИПС и база данных конструкторско-технологических сведений о деталях; подсистема АСУП «Состав изделия», которая содержит данные о деталях, входящих в программу выпуска изделий; база данных «Пооперационные трудовые нормативы», хранящая информацию о технологических операциях обработки детали; комплекс программ формирования и обработки массива информации о деталях, подлежащих группированию (массив создается каждый раз, когда меняется программа). Группирование проводится по запросу технолога с определением суммарной трудоемкости изготовления деталей. Основной недостаток методики состоит в том, что степень подобия отбираемых в группу деталей определяется субъективно, т. е. зависит от квалификации технолога.

Согласно третьей методике в n-мерном пространстве предварительно выделяются подмножества деталей с высокой плотностью. В зависимости от их состава автоматически или в режиме диалога окончательно формируются группы деталей по критериям минимизации общего времени обработки всех деталей, суммарного простоя оборудования в заданный период времени, а также максимизации производительности, загрузки оборудования и т. п. В зависимости от конкретной производственной ситуации формируется конкретная иерархия критериев, что повышает гибкость системы группирования. При группировании деталей возникает ряд дополнительных задач: определение состава признаков, в пространстве которых проводится группирование; формирование критериев и построение дерева целей; повышение адаптивных свойств системы группирования.

Третья методика частично реализуется в системе «Группа», схема которой показана на рис. 10. Система имеет два уровня: первый (ПО) состоит из подсистемы груп-

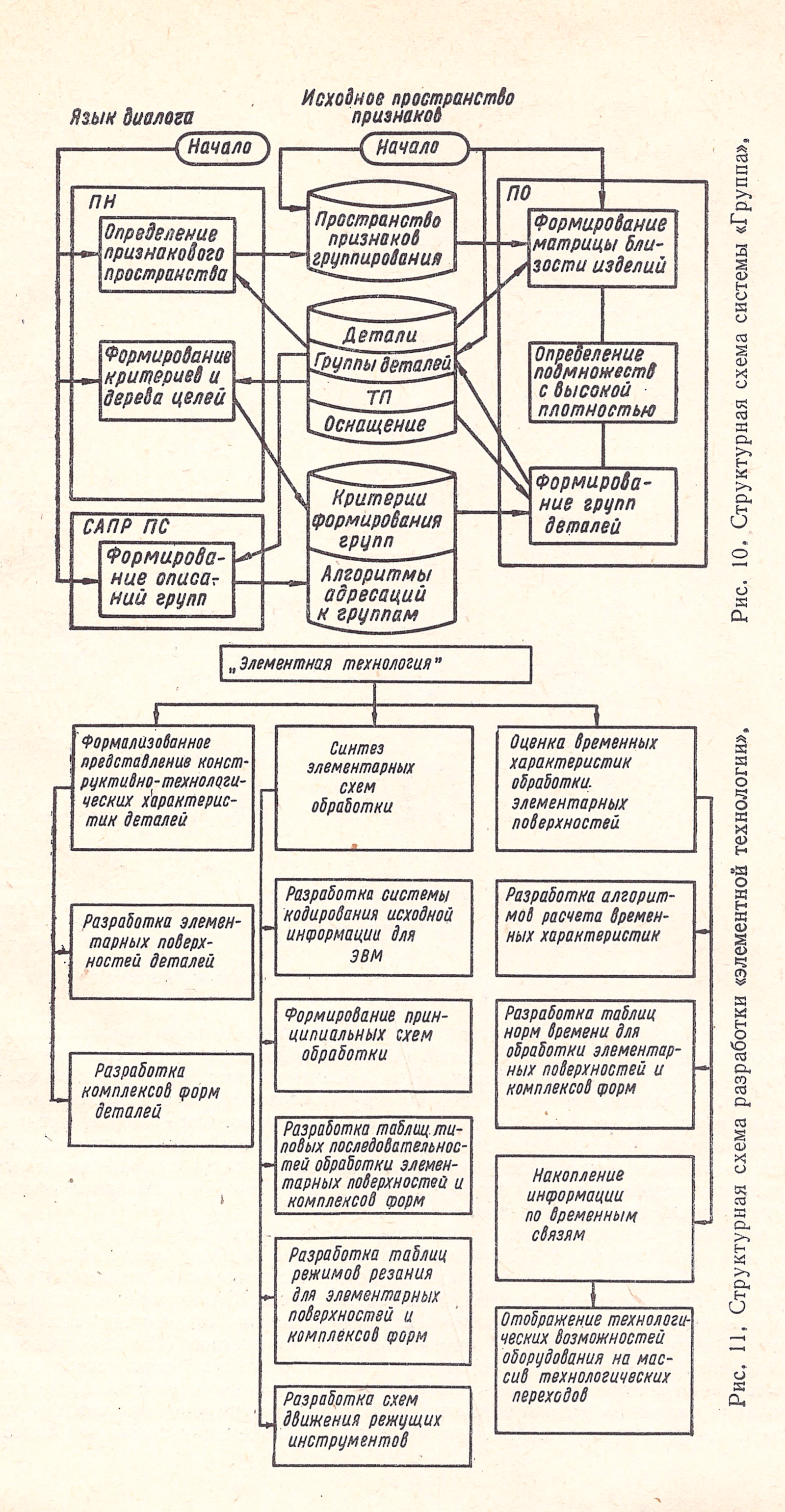


Рис. 10. Структурная схема системы «Группа».

Рис. 11. Структурная схема разработки «элементной технологии».

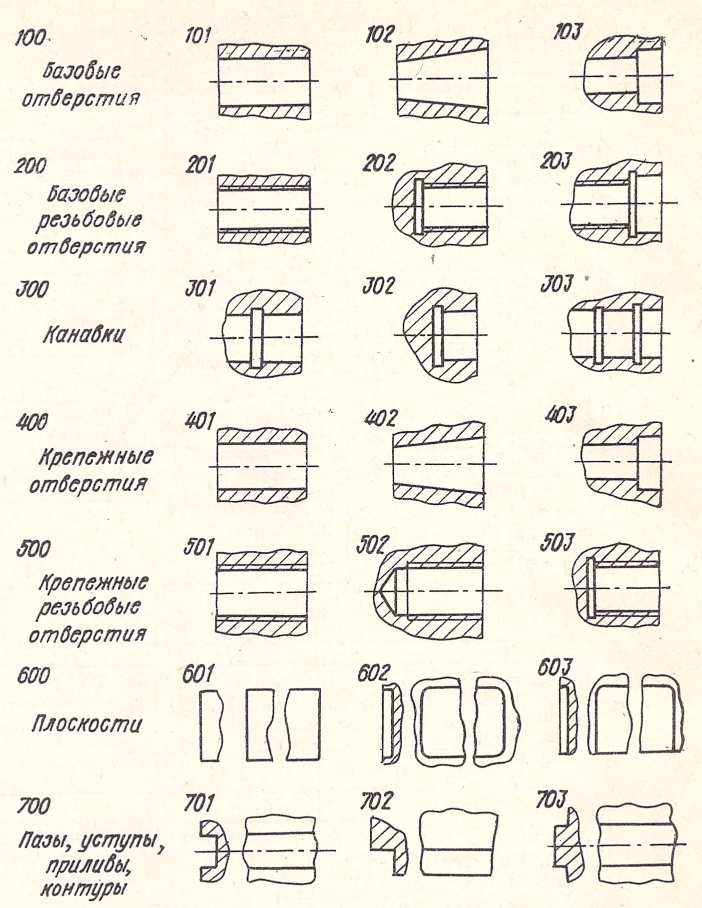
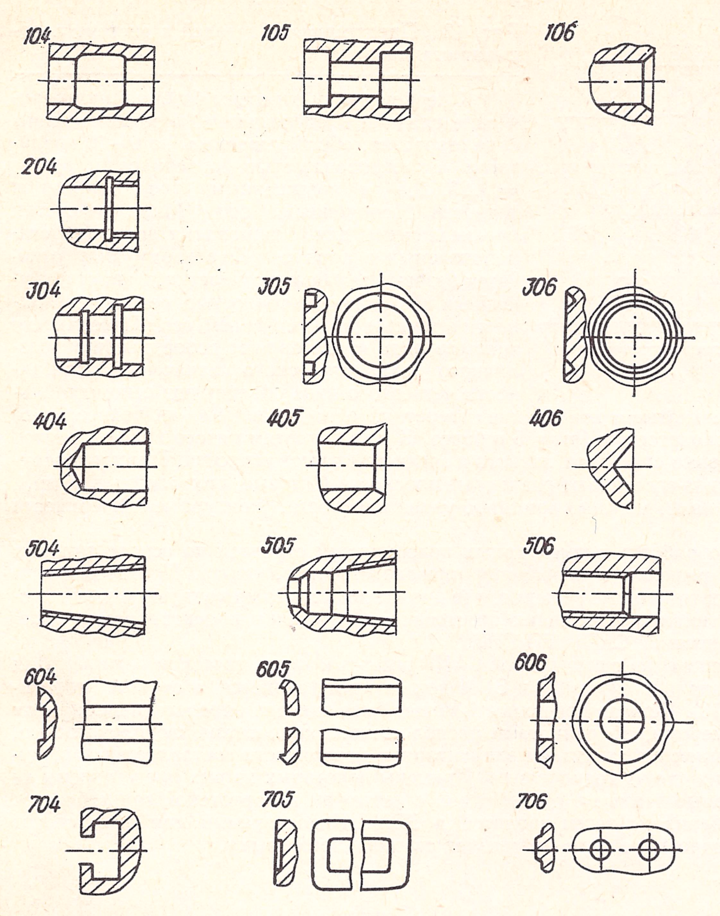


Рис. 12. Классификация элементарных поверхностей корпусных деталей.

пирования, второй (ПН) — подсистем определения признакового пространства и формирования критериев и дерева целей. Подсистема формирования описаний групп относится к системе автоматизированного проектирования программных систем (САПР ПС). Перед началом работы системы «Группа» технолог заводит в базу данных несколько групп, которые были сформированы им вручную. Определение оптимального признакового пространства сводится к отысканию такой системы признаков, в которой расстояния между заданными группами деталей были бы максимальными. Для решения подобных задач используются методы теории распознавания образов, метод группового учета аргументов.

В условиях многономенклатурного производства получение исходных характеристик для проектирования ТС чрезвычайно сложно и требует применения средств автоматизации на основе вычислительной техники. Используемые системы автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП) узкоспециализированы и создаются для определенных предварительно сформированных групп деталей с обязательной адаптацией применительно к конкретной ТС и производственным условиям. Их назначение — проектирование рабочего технологического процесса изготовления конкретной детали. Поэтому традиционно на первичных стадиях проектирования указанные задачи решаются либо на основе укрупненных методов, либо на базе технологических решений, что приводит к ошибкам или снижению качества



проектирования. На этапе технологического анализа необходимо применять специализированные САПР, предназначенные для анализа технологического процесса обработки каждой из деталей, подлежащих изготовлению, и формирования при этом соответствующих массивов данных о составе и схемах переходов, типаже режущих инструментов и оснастки, временных характеристиках и т. п. Эти САПР должны обеспечить синтез «элементной» технологии безотносительно к конкретным моделям станков (их выбор еще предстоит на дальнейших этапах) на уровне обработки элементарных поверхностей и создания на их основе данных для комплексного анализа и принятия решений. Полученная информация является базой для систем и процедур автоматизированной унификации и группирования. Она необходима при создании и адаптации САПР ТП для полученных групп деталей. Структурная схема «элементной» технологии показана на рис. 11. В основу специализированной САПР, созданной для корпусных деталей, обрабатываемых на многоцелевых станках с ЧПУ, положены принципы современной технологии, согласно которым конструктивно-технологические характеристики деталей формально могут быть представлены в виде совокупности элементарных поверхностей и схем их обработки [15]. С этой целью все элементарные поверхности классифицированы фасетным способом и сгруппированы по семи видам (рис. 12). В основу классификации положены их конструктивно-технологические особенности и функциональное назначение, т. е. признаки, определяющие общность элементарных технологических схем обработки, типаж основного и вспомогательного инструмента, последовательность обработки и т. п.

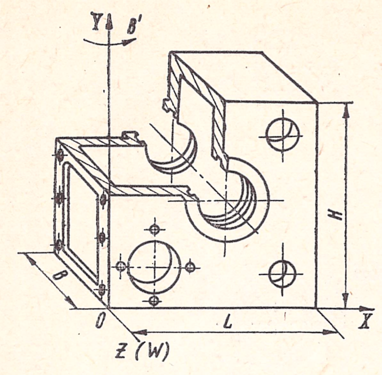


Рис. 13. Представление деталей в системе координат станка.

К первому виду отнесены базовые цилиндрические гладкие и ступенчатые, а также конические отверстия, обрабатываемые по 6—10 квалитетам с шероховатостью поверхности $Ra = 1{,}25...2{,}5$ и повышенными требованиями к точности расположения оси. Такие отверстия предназначены для базирования деталей, устанавливаемых в корпусе. Ко второму виду относятся базовые резьбовые отверстия, характеризующиеся повышенннной точностью резьбы поверхности и точным расположением оси. Поверхности третьего вида представляют собой канавки различного технологического назначения. Поверхности четвертого вида объединяют вспомогательные гладкие ступенчатые и конические отверстия, обрабатываемые не точнее 11-го квалитета с шероховатостью $Ra = 5$ и более. К поверхностям пятого вида относятся крепежные резьбовые отверстия низкого и среднего классов точности. Группу поверхностей шестого вида составляют различные плоскости (базовые, привалочные и др.), седьмого вида — пазы, уступы, приливы, узкие плоскости, контурные поверхности и др.

Технология обработки элементарных поверхностей строится на основе типовых технологических решений и обобщения производственного опыта. При этом могут быть приняты неоптимальные решения, что вполне допустимо на начальном этапе проектирования. Оптимальные решения принимаются на стадии проектирования рабочей технологии системой САПР ТП ГПС.

Проектирование с помощью данной САПР ведется в автоматическом режиме. Для кодирования и задания информации ЭВМ деталь представляется в системе координат станка (рис. 13). Каждая поверхность может быть описана определенным набором параметров: размерами, координатами расположения, квалитетом, шероховатостью, исходным состоянием и т. д. На все элементарные поверхности составляется картотека, содержащая их схемы кодирования. Примеры некоторых из них представлены на рис. 14. Кодируемые данные в соответствии с чертежом и картотекой записываются на специальном бланке, а затем вводятся в ЭВМ. Используемый при этом способ описания достаточно простой и не требует специального языка.

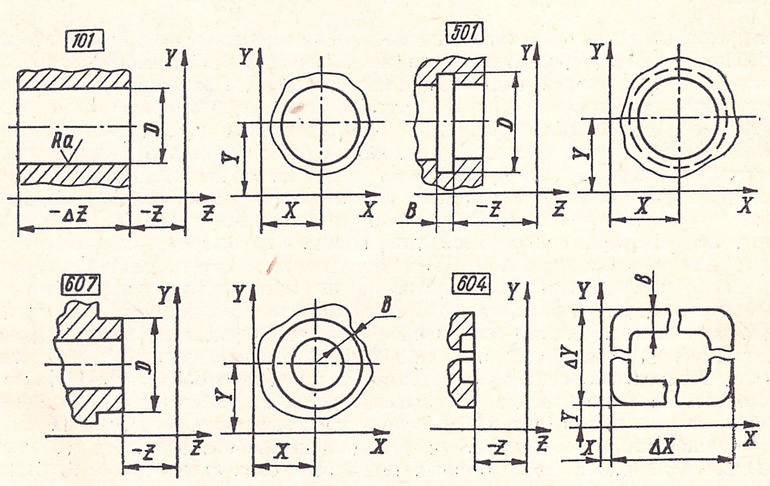
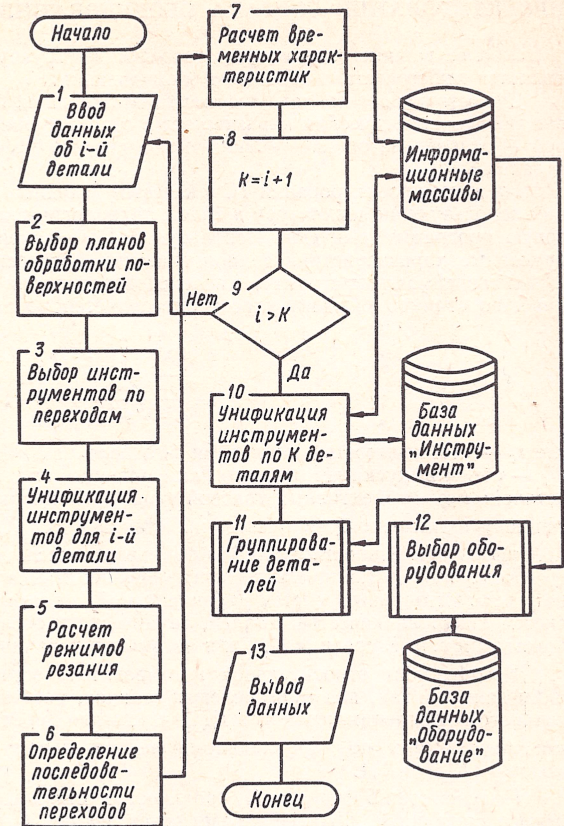


Рис. 14. Пример кодирования параметров детали.

Рис. 15. Алгоритм работы специализированной САПР «элементной» технологии.



Алгоритм работы САПР заключается в следующем (рис. 15). Блоками *1*, *8* и *9* осуществляется последовательный ввод данных о k деталях с номерами i, которые включают общие сведения (о материале, массе, габаритных размерах, твердости, виде заготовки и т. д.) и описание элементарных поверхностей.

После ввода характеристик очередной детали осуществляется выбор схем обработки по каждой поверхности (последовательность выполнения технологических переходов, обеспечивающих ее требуемую точность и шероховатость) и основных параметров инструментов, необходимых для выполнения переходов (блоки *2* и *3*). Затем производится анализ инструментов по видам унификации их параметров, т. е. определяется общая номенклатура режущих инструментов для данной детали (блок *4*). При этом учитываются предельные допустимые значения диаметров, длин и т. п.

После этого рассчитываются режимы резания, назначается последовательность обработки в зависимости от видов элементарных поверхностей и определяются временные характеристики — основное и вспомогательное время по каждому переходу (блоки *5—7*). Полученные данные помещаются в информационные массивы, где хранятся: параметры режущих инструментов по каждому виду с идентификацией номера детали, поверхности и перехода; основное время обработки каждым инструментом каждой поверхности и суммарное основное время для отдельной детали, партии деталей и всей номенклатуры; общие данные о трудоемкости обработки одной детали и всей партии и др.

На основании унификации параметров инструментов для всей номенклатуры деталей предполагается производить выбор конкретных типов стандартных инструментов, группирование деталей и выбор основного технологического оборудования. С этой целью создаются специализированные базы данных «Инструмент» и «Оборудование», а также методики группирования и выбора основного технологического оборудования.

САПР реализована на языке программирования PL/1 ОС ЕС. Структура САПР позволяет ее использовать для решения частных задач: проектирования рабочих технологических процессов в единичном и опытно-экспериментальном производствах (так как данные о составе технологических схем обработки поверхностей и режимах резания могут быть введены в автоматизированную систему подготовки управляющих программ для устройств с ЧПУ); нормирования технологических операций экспресс-методом; расчета потребного количества инструмента с учетом основного времени обработки и периода стойкости; классификации деталей по конструктивно-технологическим признакам; синтеза унифицированных технологических процессов обработки групп деталей и т. п.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА ОБОРУДОВАНИЯ

Наиболее важным этапом при разработке структуры технологической системы является выбор состава основного оборудования.

Существуют два подхода к решению этой задачи. Первый подход учитывает соответствие технологических характеристик оборудования условиям производства, второй — основан на оценке технико-экономической эффективности применения оборудования.

На этапе проектирования ТС в качестве исходных данных для выбора оборудования используют номенклатуру деталей, технологический маршрут их обработки, годовую программу выпуска. Используя САПР «элементной технологии», определяют временные характеристики технологических процессов обработки деталей.

В зависимости от структуры переходов в операции выбирается класс станков. Количество станков каждого класса определяется по зависимости

$$P = \frac{\sum_{j=1}^{m} \sum_{i=1}^{n} (t_{c_i} П_i)_j}{60 F_э K_{т.и} K_{о.п}}, \tag{1}$$

где t_c — станкоемкость выполнения i-го перехода, мин; n — количество переходов; $П_i$ — объем выпуска деталей j-го наименования, шт.; m — количество наименований деталей; $F_э$ — эффективный годовой фонд времени работы станка, ч.; $K_{т.и}$ — коэффициент технического использования станка в ТС; $K_{о.п}$ — коэффициент относительной производительности станка выбранного класса.

Коэффициент технического использования станка зависит от уровня автоматизации вспомогательных систем (транспортной, складской, инструментообеспечения), систем контроля качества деталей, технического обслуживания, управления производством и т. п. В среднем $K_{т.и}$ для автоматизированных ТС принимается равным 0,8.

Коэффициент относительной производительности определяется по статистическим данным. Так, для многоцелевых станков, работающих по принципу последовательного выполнения переходов $K_{о.п} = 1$, а для переналаживаемых агрегатных станков, работающих по параллельно-последовательному принципу выполнения переходов — $K_{о.п} = 1{,}4$.

Полученное по формуле (1) количество станков округляется до ближайшего целого значения $P_{пр}$. Далее определяются состав и количество станков принятого класса.

Состав станков определяется путем сопоставления технологических «потребностей» с принятой номенклатурой деталей и технологических возможностей станков принятого класса. При этом основными параметрами являются габаритные и технологические характеристики деталей и станков.

Для каждого габаритного ряда определяют модели станков, рассчитывают количество инструментальных переходов (для каждого наименования детали, обрабатываемой на данной модели станка), общее количество переходов с учетом количества деталей в группе, а также определяют суммарную станкоемкость изготовления всей группы:

$$T_c = \sum_{j=1}^{m} \sum_{i=1}^{n} t_{c_{ij}} N_j, \tag{2}$$

где $t_{c_{ij}}$ — станкоемкость выполнения i-го инструментального перехода, выполняемого на j-й детали, мин; n — количество переходов, выполняемых на данной модели станка при изготовлении j-й детали; m — количество наименований деталей в группе; N_j — количество деталей j-го наименования.

Коэффициент загрузки $K_з$ станков определяется по итерационной процедуре: если его значение находится в пределах 0,8—0,9, то итерационный поиск прекращается. Выбираются станки с малым коэффициентом загрузки, и для них определяются избыточные производственные возможности $\Delta'_\alpha = (P_{пр} - P) F_э K_{т.и}$, где α — номер группы деталей.

Для сокращения приведенных затрат и повышения коэффициентов загрузки станков рассматривается вопрос о «дозагрузке» выбранных станков за счет переноса некоторых переходов. Однако такой перенос переходов может привести к увеличению коэффициента загрузки станков до значения, большего единицы, а значит придется формировать новый состав станков.

Вопрос о выборе состава станков окончательно решается путем сравнения двух вариантов по приведенным затратам

$$S_п = \sum_{\alpha=1}^{m} \sum_{\beta=1}^{n} (P_{пр\beta} З_{пр\beta})\, \alpha, \qquad (3)$$

где $З_{пр\beta}$ — приведенные затраты на год работы станка, находящегося в β-группе, р.; n — количество станков в рассчитываемой группе; m — количество групп станков. Выбирается состав с минимальными приведенными затратами.

Для станков, у которых коэффициент загрузки больше единицы, определяются перегрузки

$$\Delta_i'' = (K_з - 1)\, F_э K_{т.и}.$$

Переходы перераспределяют таким образом, чтобы

$$R = \Delta_i'' - \sum_{i=1}^{n} t_{c_i} N_i \approx 0,$$

где R — число переходов, переносимых на другие станки.

Алгоритм предварительного выбора состава и количества станков ТС приведен на рис. 16.

При проектировании ТС одной из важных задач является выбор типа транспортных устройств, так как от их технологических возможностей зависят производительность и эффективность ТС в целом. Особенно важна роль транспортных устройств в гибких производственных системах (ГПС), в которых они связывают технологическое оборудование и обеспечивают его работу в безлюдном режиме.

В ГПС в основном используют такие транспортные устройства, как краны-штабелеры (9 %), рельсовые тележки (29 %), безрельсовые тележки с различными системами маршруто-слежения (41 %) и роликовые конвейеры (10 %), прочие транспортные устройства (цепные транспортеры, подвесные конвейеры — 11 %). При выборе транспортных устройств необходимо учитывать целый ряд факторов: число станков; число выполняемых технологических операций; параметры закона распределения станкоемкостей операций; время транспортирования и др.

Последовательность выбора транспортного устройства можно показать на примере ГПС с централизованной схемой накопления, включающей в себя стеллаж-накопитель [9].

При выборе типа транспортного устройства для крана-штабелера и рельсовой тележки рассчитывают коэффициенты загрузки, а для безрельсовых тележек их число. Коэффициент K загрузки транспортного устройства определяют с учетом нормального закона распределения станкоемкости операций:

$$K = \frac{C\,[t_{тр.с\text{-}н} + (Q-1)\, t_{тр.пс} + k_1 k_2 t_{тр.с\text{-}к}}{Q\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{t_{min}}^{t_{max}} \frac{1}{t}\, l^{a} dt, \qquad (4)$$

где C — число станков в ГПС; $t_{тр.с\text{-}н}$ — среднее время транспортирования заготовки от стеллажа-накопителя к станку и обратно, мин; Q — среднее число операций при обработке заготовок; $t_{тр.пс}$ — среднее время транспортирования приспособлений-спутников (ПС) от станка к станку (в зависимости от маршрута обработки заготовок); мин; k_1 — коэффициент, учитывающий процентное количество контролируемых деталей на позиции контроля ($k_1 \leqslant 1$); k_2 — коэффициент, учитывающий число контролируемых операций для каждой детали ($1 \leqslant k_2 \leqslant Q$); $t_{тр.с\text{-}к}$ — среднее время транспортирования деталей от станка к позиции контроля и обратно, мин; t_{min} и t_{max} — минимальная и максимальная станкоемкость операций, мин; σ — среднее квадратичное отклонение станкоемкостей операций; t — текущее значение станкоемкостей

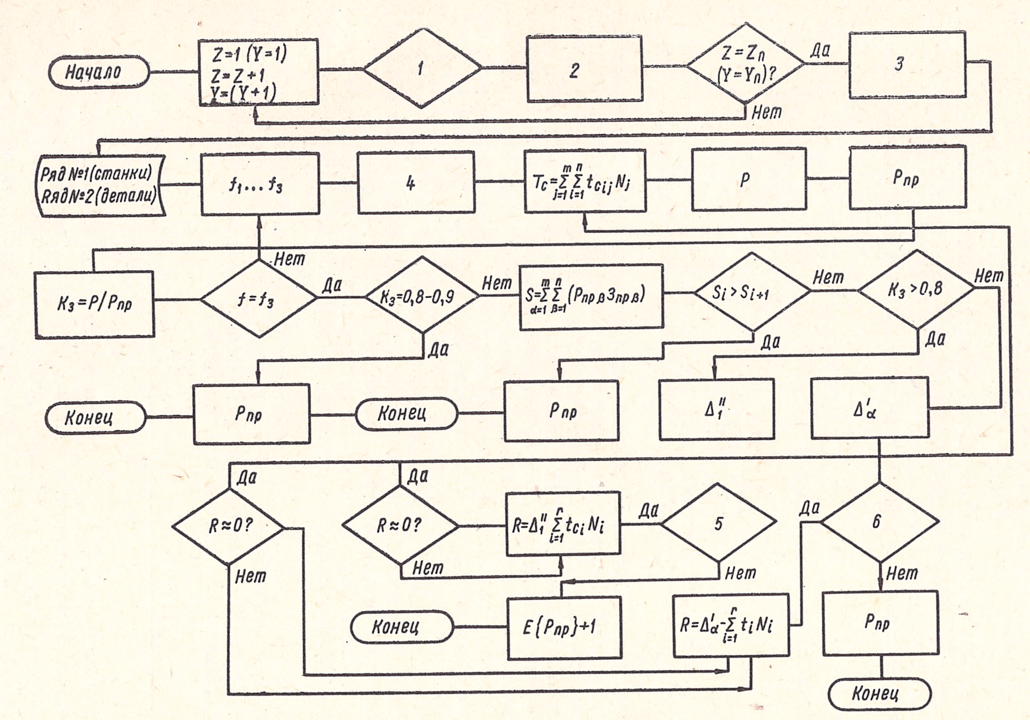


Рис. 16. Алгоритм предварительного выбора состава и количества станков ТС:

1 — сортировка станков и деталей; *2* — присвоение номера рядам станков и деталей; *3* — присвоение индекса X_n последнему элементу рядов; *4* — формирование переходов для каждого ряда станков; *5*, *6* — проверка на возможность переноса переходов; Z — переменная массива станков; Z_n — наибольший номер массива станков; f — номер габаритного ряда для группы деталей; R — разность между расчетным значением производственной возможности станка и значением коррекции станкоемкости переходов, переносимых на другие станки.

операций; $a = -[t - (t' + 3\sigma\alpha)]^2/(2\sigma^2)$; t' — координата середины поля рассеивания станкоемкостей операций, мин; α — коэффициент относительной асимметрии формы кривой нормального распределения станкоемкости операций. Количество транспортных устройств рассчитывается путем деления реально полученного коэффициента загрузки на средний коэффициент загрузки транспортного устройства $n = K/\overline{K}_{т.у}$.

Алгоритм выбора транспортного устройства представлен на рис. 17. Сначала определяется, достаточно ли одного крана-штабелера, расположенного вдоль линии станков, для обслуживания стеллажа накопителя и технологического оборудования ГПС. Для этого по формуле (4) рассчитывают коэффициент $K_{к\text{-}ш}$ загрузки крана-штабелера. Если $K_{к\text{-}ш} \leqslant 0{,}85$, то для обслуживания целесообразно применять кран-штабелер, если $K_{к\text{-}ш} > 0{,}85$, то помимо крана-штабелера, обслуживающего стеллаж-накопитель, следует использовать рельсовую тележку, безрельсовую тележку или роликовый конвейер для транспортирования приспособлений-спутников к станкам. Затем определяется, достаточно ли одной рельсовой тележки для межоперационного перемещения ПС. С этой целью по формуле (4) рассчитывают коэффициент $K_р$ ее загрузки. При этом технологическое оборудование должно располагаться только в линию. Если $K_р \leqslant 0{,}85$, то в составе ГПС рекомендуется применять рельсовую тележку, если $K_р > 0{,}85$, то одной рельсовой тележки недостаточно и необходимо использовать безрельсовые тележки с индуктивным управлением.

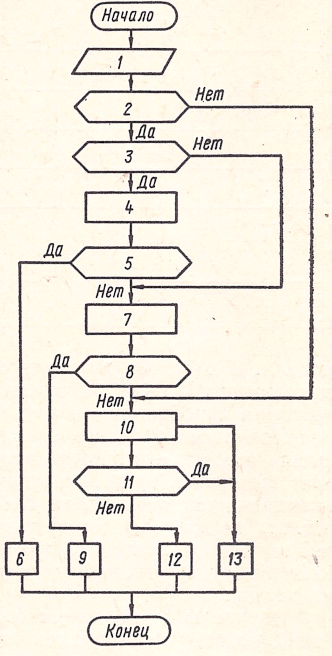


Рис. 17. Алгоритм выбора транспортного устройства:

1 — ввод данных; *2* — станки располагаются в линию?; *3* — стеллаж-накопитель располагается вдоль линии станков?; *4* — расчет коэффициента $K_{к\text{-}ш}$ загрузки кранаштабелера; *5* — $K_{к\text{-}ш} \leqslant 0{,}85$?; *6* — выбор крана-штабелера; *7* — расчет коэффициента $K_р$ загрузки рельсовой тележки; *8* — $K_р \leqslant 0{,}85$?; *9* — выбор рельсовой тележки и крана-штабелера; *10* — расчет числа n безрельсовых тележек; *11* — сравнение стоимости безрельсовых тележек и роликового конвейера $nG \leqslant G_{кон}$; *12* — выбор роликового конвейера и крана-штабелера; *13* — выбор n безрельсовых тележек и крана-штабелера

Затем рассчитывается количество безрельсовых тележек и сравниваются затраты на n тележек со стоимостью $G_{кон}$ роликового конвейера. Если $nG \leqslant G_{кон}$ (где G — стоимость одной безрельсовой тележки), то в ГПС целесообразно использовать безрельсовые тележки, если $nG > G_{кон}$, то предпочтение следует отдать роликовому конвейеру.

Процедуры выбора основного и транспортного оборудования используются при проектировании участков и цехов механической обработки. При создании технологической структуры механообработки обычно решают следующую задачу оптимизации: при заданных вариантах выполнения на различных станках операций обработки деталей, закрепленных за цехом (участком), необходимо выбрать такие станки, в таком количестве и так распределить операции обработки по этим станкам, чтобы при выполнении заданных ограничений критерий оптимальности принял экстремальное значение. В этой задаче в качестве независимых неизвестных выступают булевые переменные x_{ij}, принимающие значение 1, если i-я детале-операция ($i = 1, 2, \ldots, m$), принадлежащая технологическому процессу изготовления K-й детали ($K = 1, 2, \ldots, l$), выполняется на станках j-й модели ($j = 1, 2, \ldots, n$); в остальных случаях $x_{ij} = 0$. Матрица возможных (допускаемых) вариантов выполнения m детале-операций на станках n моделей для участка механической обработки, за которым закреплено l деталей, приведена в табл. 2. Кроме того, должно быть задано время t_{ij} (трудоемкость) выполнения годовой программы для i-й детале-операции на станках j-й

2. Матрица возможных вариантов выполнения детале-операций на станках

Модели станков	Детали											
	1					2					... *K* ...	*l*
	Операции											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	... *i* ...	*m*
1	x_{11}		x_{31}	x_{41}		x_{61}						
2		x_{22}			x_{52}							
3						x_{63}	x_{73}					
4	x_{14}		x_{34}									
5				x_{45}	x_{55}		x_{75}					
⋮ *j* ⋮												
n												

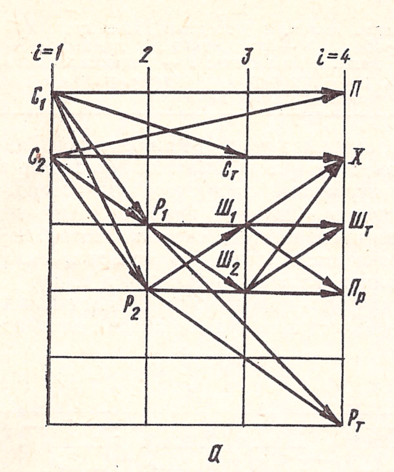
модели. В качестве критерия оптимизации принят минимум приведенных затрат, включающих в себя как себестоимость обработки деталей, так и капитальные затраты на приобретение оборудования, строительство производственных зданий.

При проектировании используются следующие ограничения, позволяющие учитывать особенности производства: i-ю детале-операцию для всей партии деталей следует выполнять только на станках выбранной j-й модели; затрачиваемые ресурсы (площадь участка или цеха, объем капитальных вложений, численность работающих и т. п.) не должны превышать заданного значения; необходимо обеспечить выполнение заранее заданных условий невозможности и (или) обязательности совместного назначения отдельных вариантов разных операций технологического процесса обработки детали.

Варианты технологического процесса могут иметь довольно сложную взаимосвязь, поэтому совокупность вариантов можно представить в виде графа возможных вариантов технологических процессов. Вершины такого графа обозначают варианты оборудования, на котором возможно выполнение операций, а дуги — связи или отношения между вершинами. На рис. 18 показан граф возможных вариантов обработки точного отверстия, содержащий 32 варианта технологического процесса. При наложении ограничений и замене графов матрицами, показанными в табл. 2, уменьшается объем входной информации и упрощается алгоритм проектирования. Поэтому граф может быть представлен в виде матрицы. Для этого при выборе варианта технологического процесса обработки отверстия рассмотрены четыре детале-операции, на применение которых наложено три ограничения по обязательности (штриховые линии) и одно — по невозможности (штрихпунктирная линия) совместного выполнения.

Оптимизационная задача выбора технологических процессов и состава оборудования на участке сводится к решению задачи нелинейного целочисленного программирования с булевыми переменными. Большая размерность задачи не позволяет решать ее известными методами целочисленного программирования, поэтому разработан специальный приближенный метод [1], основную роль в котором играет процедура направленного спуска по эвристическим правилам.

На основе описанных методов Гипрокомбайнпроммашем (Ростов-на-Дону) разработана автоматизированная система оптимального технологического проектирования механических цехов (АОТП МЦ). Основными исходными данными для системы являются годовая программа выпуска деталей и возможные варианты выполнения операций механической обработки деталей, определяемые на более ранних стадиях автоматизированного технологического проектирования или подготовленные технологами.



Модели станков		Детале-операции 1	2	3	4
1	C_1	⊠			
2	C_2	⊠			
3	P_1		⊠		
4	P_2		⊠		
5	$C_т$		⊠	⊗	
6	$Ш_1$			⊠	
7	$Ш_2$			⊠	
8	$П$		⊠	⊠	⊠
9	X				⊠
10	$Ш_т$				⊠
11	$П_р$				⊗
12	$P_т$			⊠	⊠

б

Рис. 18. Граф (*а*) и матрица (*б*) возможных вариантов технологической обработки точного отверстия на станках:

C_1 и C_2 — сверлильных; P_1 и P_2 — расточных; $C_т$ — сверлильных повышенной точности; $Ш_1$ и $Ш_2$ — шлифовальных; $П$ — протяжных; X — хонинговальном; $Ш_т$ — шлифовальном высокой точности; $П_р$ — притирочном; $P_т$ — расточном повышенной точности.

Программное обеспечение АОТП МЦ написано на языке PL/1 ДОС ЭВМ ЕС-1022 и включает кроме оптимизационных модулей также модули ввода и корректировки нормативно-справочной информации, ввода и преобразования исходных данных, формирования и выдачи комплекта выходной проектной документации.

Автоматизированное проектирование таких технологических структур, как ГПС имеет свои специфические особенности. Различают следующие стратегические ситуации проектирования ГПС: номенклатура обрабатываемых деталей и годовые программы их выпуска устойчивы и определены на достаточно длительный период времени; номенклатура определена, а программы выпуска подвержены колебаниям; номенклатура и программы выпуска определены только для части продукции, а для другой части неизвестны. ЭНИМС разработал комплекс диалоговых программ, предназначенный для автоматизации проектирования производственных и компоновочных структур ГПС с устойчивой номенклатурой и программой выпуска деталей в условиях серийного производства и комплексной поставки деталей сборочному цеху.

Комплекс программ состоит из шести программных модулей, написанных на языке Фортран-IV и ориентированных на малых ЭВМ типа СМ-4. Отдельные модули комплекса выполняют следующие функции: подготовку исходных данных (1-й модуль); расчет партий запуска деталей и графиков выпуска деталей и изделий (2-й модуль); расчет загрузки станков с одно- и многономенклатурной обработкой (3-й модуль); оптимизацию переналадки на станках с многономенклатурной обработкой (4-й модуль); расчет потребности во вспомогательном оборудовании и размещение основного и вспомогательного оборудования, т. е. расчет компоновки ГПС (5-й модуль); формирование графической информации (6-й модуль). Для функционирования 2-, 3- и 4-го программных модулей требуется оперативная память объемом до 56 Кбайт на каждый модуль, а для 5-го и 6-го модулей — не менее 64 Кбайт на каждый модуль. Два последних модуля функционируют с накопителем на магнитных дисках (объем памяти не менее 200 Мбайт), накопителем на магнитной ленте, алфавитно-цифровым дисплеем, графопостроителем и в развитом варианте оснащения — с интерактивной графической станцией.

На рис. 19 приведена структурная схема 1-го модуля, а на рис. 20 — обобщенная схема 2-, 3- и 4-го модулей, имеющих единый файл исходных данных, сформированных в 1-м модуле. Модули работают в режиме диалога в форме меню, а обмен информацией между модулями происходит при помощи файлов промежуточных данных.

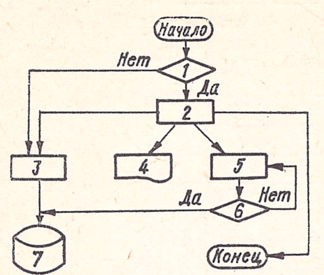


Рис. 19. Структурная схема 1-го программного модуля:

1 — проверка наличия исходных данных; *2* — выбор режима работы; *3* — ввод исходных данных; *4* — вывод исходных данных на печать; *5* — редактирование исходных данных; *6* — проверка правильности исходных данных; *7* — файл исходных данных.

Исходными данными при проектировании являются годовая программа выпуска деталей по номенклатуре, временные характеристики технологических процессов (штучное время и время текущей подготовки производства), скорость потребления деталей сборочным цехом, экономические показатели (стоимость станков, складов и транспортных устройств, переналадки станков и хранения деталей и т. д.).

Во 2-м модуле путем итерационной процедуры производится расчет оптимальных партий запуска деталей, а в 3-м модуле определяется загрузка станков с одно- и много-

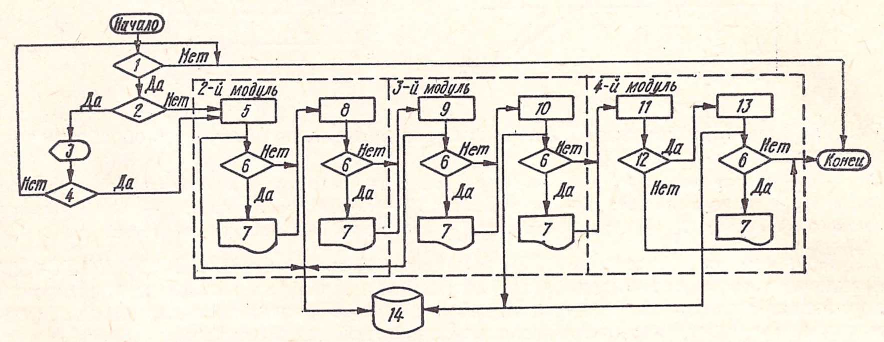


Рис. 20. Обобщенная структурная схема 2-, 3- и 4-го программных модулей:

1 — проверка готовности данных; *2* — запрос о необходимости проверки; *3* — дисплей; *4* — проверка правильности данных; *5* — расчет оптимальных партий запуска; *6* — выводить ли результат?; *7* — вывод на печать; *8* — расчет графиков выпуска деталей и изделий; *9* — расчет загрузки станков с однономенклатурной обработкой; *10* — то же, с многономенклатурной обработкой; *11* — ввод данных для оптимизации переналадок; *12* — возможна ли оптимизация?; *13* — оптимизация переналадок; *14* — файл результатов синтеза производственной структуры.

номенклатурной обработкой. Исходными данными при этом служат массивы партий запуска деталей в производство и циклов производства деталей. Размещение циклов производства соответствующей детали в фондах времени станков осуществляется в порядке возрастания длительности циклов поставки деталей. Только при этом условии достигается реализация установленной программы выпуска. После загрузки очередного станка определяется резерв его относительной станкоемкости, а данные размещенной партии и соответствующего цикла производства ликвидируются. Далее из оставшихся значений длительности циклов производства выбирается ближайшее по величине к резерву относительной станкоемкости загружаемого станка. Путем такого подбора и при необходимости дробления партии деталей на подпартии станок загружается до предельного резерва (0,1). Программа расчета загрузки станков с многономенклатурной обработкой завершается после того, как содержимое всех ячеек с данными о подпартиях запуска и цикла производства деталей всех технологических групп на всех операциях обращается в нуль.

Результаты работы 3-го модуля вводятся в 4-й модуль, в котором определяется оптимальная последовательность запуска партий деталей в обработку, обеспечивающая минимальное суммарное время переналадок. Для оптимизации переналадок следует проверить выполнение ряда условий. Длительность циклов поставки деталей, обрабатываемых на недогруженном станке, должна быть не меньше, чем у оптимизируемого станка; число групп деталей, обрабатываемых на оптимизируемом станке, должно быть не меньше трех. Оптимизация переналадок осуществляется по следую-

щему эвристическому алгоритму: из каждой строки матрицы времен переналадок выбирается минимальное время, соответствующее переходу от обработки деталей одной группы к обработке деталей другой группы; последующий поиск минимального времени переналадки выполняется в строке матрицы, номер которой совпадает с номером столбца выбранного ранее времени, за счет чего от строки к строке число возможных вариантов уменьшается.

Результаты синтеза производственной структуры, технические данные оборудования и характеристики производственных площадей вводятся в 5-й модуль (рис. 21),

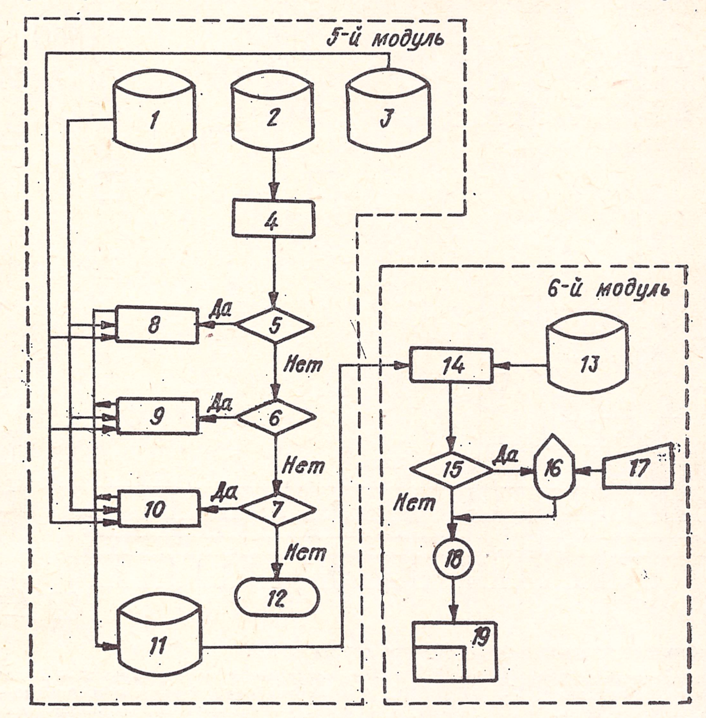


Рис. 21. Обобщенная структурная схема 5-го и 6-го программных модулей:
1 — файл технических параметров оборудования; *2* — файл результатов синтеза производственной структуры; *3* — файл характеристик производственных площадей; *4* — выбор функциональных подсистем ГПС; *5* — выбор типа транспорта (робокар?; *6* — каретка?; *7* — штабелер?); *8* — расчет типовых компоновок ГПС с робокаром; *9* — то же, с кареткой; *10* — то же, со штабелером; *11* — файл данных компоновочных структур; *12* — стоп; *13* — файл графических данных; *14* — формирование чертежа; *15* — выводить ли на дисплей?; *16* — дисплей; *17* — редактирование чертежа; *18* — вывод на магнитную ленту; *19* — графопостроитель.

в котором проектируется компоновочная структура ГПС с централизованным межоперационным складом-накопителем. Файл технических параметров оборудования содержит разнообразную графическую информацию о станках и модулях; складах, их типах и характеристиках (рядности, габаритных размерах и вместимости ячеек, этажности, размерах зоны обслуживания штабелером и площадках его выбега, общих габаритах и т. д.); секциях комплектации, подсистемах инструментального обеспечения, контроля, удаления отходов, типах и характеристиках подсистем (числе рабочих мест, размещаемом оборудовании, общих габаритных размерах и т. д.). Принято, что производственная площадь, занимаемая ГПС, имеет прямоугольную форму. При этом левая нижняя точка прямоугольника является нулевой в декартовой системе координат.

Файл графических данных содержит описание графических образов станков и модулей, складов, секций комплектации и других функциональных подсистем. После считывания данных из файла результатов синтеза, производственной структуры и

файла характеристик призводственных площадей производится расчет параметров и выбор компоновочных решений функциональных подсистем ГПС (АТСС, АСИО, АСУО, САК по ГОСТ 26 228—85).

Графическое изображение планировочного решения ГПС формируется в 6-м модуле, куда из 5-го модуля поступают данные выходного файла и файла графических исходных данных. В результате на графопостроителе выполняется чертеж компоновочной структуры ГПС, фрагмент которой показан на рис. 22. Автоматизация склад-

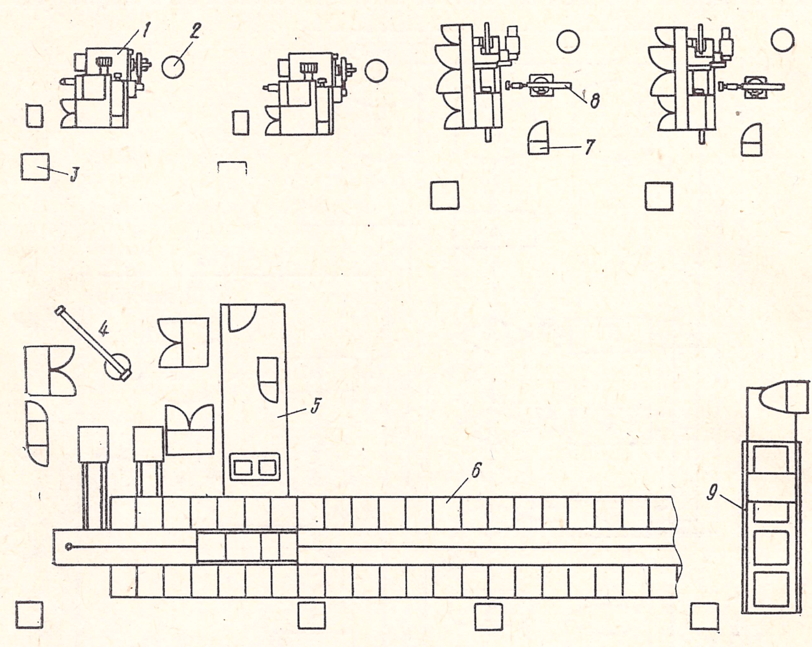


Рис. 22. Фрагмент компоновочной структуры ГПС:

1 — гибкий производственный модуль; *2* — пристаночный накопитель; *3* — колонна цеха; *4* — секция комплектации; *5* — АСУ ГПС; *6* — автоматизированная транспортно-складская система (АТСС); *7* — пульт ЧПУ робота; *8* — робот; *9* — автоматизированная система удаления отходов (АСУО).

ского хозяйства механообрабатывающих участков и цехов особенно важна при создании автоматизированных технологических систем. Основные трудности при проектировании складов заключаются в многовариантности технических решений. Для преодоления указанных трудностей в проектировании применяют современные математические методы расчетов на ЭВМ при определении параметров складов, а также используют известные закономерности взаимосвязей проектных решений по складам и конечных технико-экономических показателей. Необходимость применения ЭВМ при проектировании складов обусловливается следующими факторами: большим числом параметров, которые нужно определить при проектировании (более 300) и числом исходных параметров и факторов, влияющих на выбор проектных решений; многообразием возможных вариантов проектных решений по отдельным параметрам складской системы; сложностью взаимосвязей между отдельными параметрами транспортно-складского комплекса, проектными решениями и технико-экономическими показателями.

Система автоматизированного проектирования транспортно-складских комплексов (САПР ТСК) предусматривает выполнение следующих функций: создание единого банка данных, содержащего систематизированные сведения нормативно-справочного характера по оборудованию, транспорту, складскому зданию и другие, необходимые для автоматизированного проектирования ТСК; автоматизацию процессов поиска, обработки и выдачи информации; унификацию, стандартизацию и систематиза-

цию методов проектирования ТСК; совершенствование методики проектирования; широкое применение математических методов при проектировании складов, в том числе использование методов проектных решений.

В Ленинградском институте инженеров железнодорожного транспорта совместно с работниками ГПИ «Ленинградский промтранспроект» и НПО «Атомкотломаш» (Ростов-на-Дону) разработана САПР ТСК, общая блок-схема которой показана на рис. 23. САПР ТСК включает 17 алгоритмов и программ автоматизированного проек-

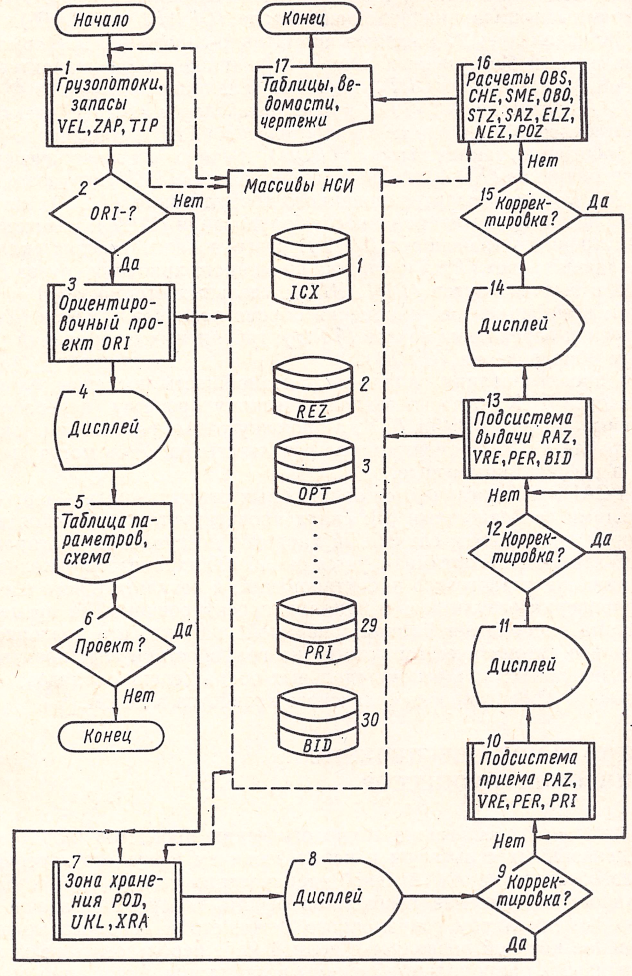


Рис. 23. Общая блок-схема САПР ТСК.

тирования складов на ЭВМ, в том числе четыре алгоритма и программы макропроектирования складских систем: определения распределения и расчетного значения случайной величины исходного параметра склада (*VEL*); определения параметров груза — типичного представителя номенклатурной группы (*TIP*); определения расчетной величины запасов грузов на складе и потребной вместимости склада *ZAP*; определения вместимости склада методом имитационного моделирования работы склада на ЭВМ (*IMI*). Для конкретного проектирования ТСК применяются следующие 14 алгоритмов и программ: ориентировочного проектирования механизированных и

автоматизированных складов (*ORI*); технического оснащения и определения параметров загрузки внешнего транспорта (*RAZ*); вычисления на ЭВМ параметров и потребного количества транспортно-складской тары (*POD*); определения вместимости транспортно-складской тары и других емкостей (*UKL*); технического оснащения и определения параметров зоны основного хранения грузов на складе (*XRA*); технического оснащения участков временного хранения грузов на складе (*VRE*); технического оснащения и определения параметров участков перекладки грузов (*PER*); определения параметров подсистемы приема и выдачи грузов со склада (*PRI* и *BID*); проектирования программы выполнения чертежей склада (*GRAF1 — GRAF5*).

САПР ТСК использует 26 массивов нормативно-справочной информации (НСИ), составляющих единый банк данных. Они содержат следующие характеристики: оптимальных секций хранилища (*OPT*); способов складирования грузов (*SPS*); складской тары (*TAR*); стеллажей (*STE*); кранов-штабелеров (*SHT*); электропогрузчиков, электроштабелеров и вилочных электротележек (*ELE*); конвейеров (*KON*); промышленных роботов и манипуляторов (*ROB*); ручных и электрических тележек (*TEL*); мостовых кранов (*KRA*); подвесного транспорта (*POT*); грузозахватных приспособлений (*CRU*); нестандартизированного оборудования (*NES*); деталей, узлов и материалов для нестандартизированного оборудования (*DET*); внешнего транспорта (*TRA*); внутреннего транспорта (*VRT*); разгрузочного участка склада (*RAZ*); участка перекладки грузов (*PER*); участка временного хранения грузов (*VRE*); подсистем приема и выдачи грузов (*PRI*, *BID*); удельных стоимостей 1 м^3 складского здания (*ZDA*); коэффициентов заполнения объема поддонов грузами (*ZPO*); трудоемкости поштучной перекладки грузов (*TRU*); габаритных схем зданий (*GAZD*); габаритных схем оборудования (*GAOB*).

Алгоритм проектирования склада дает возможность последовательно проектировать все участки ТСК согласно технологическому процессу переработки грузов. Исходные данные заносят в файл *ICX*, а промежуточные результаты накапливают в специальном файле *REZ*. Промежуточные результаты расчетов могут выдаваться на дисплей или в распечатанном виде.

Описания САПР ТСК отличаются от подобных отечественных и зарубежных аналогов следующими особенностями [9]: склад проектируется как вероятностная система, в которой учитывается случайный характер поступления и отправки грузов; в системе рассчитывается и оптимизируется около 100 параметров окладов; САПР построена на принципе диалогового проектирования, в результате чего обеспечивается возможность проверки результатов и влияния проектировщика на процесс проектирования; система располагает блоком машинной графики, что позволяет получать чертежи складов в автоматическом режиме на графопостроителе; производятся расчеты не только основных, но и вспомогательных подразделений складов, что дает возможность повысить эффективность складского хозяйства в целом.

ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Инструментальное обеспечение технологических процессов включает комплекс мероприятий, связанных с выбором и использованием режущего инструмента и направленных на обеспечение эффективной эксплуатации станка. При создании систем инструментального обеспечения необходимо решать следующие задачи: определять рациональную номенклатуру современного режущего и вспомогательного инструмента, применение которой позволяет в полной мере использовать возможности оборудования; назначать рациональные режимы резания при составлении управляющих программ (УП); рассчитывать нормы расхода инструмента и ориентировочно определять нормы запаса и оборотных фондов с учетом принятой системы обслуживания инструментом рабочих мест; создавать информационно-поисковые системы (ИПС) режущего инструмента, позволяющие оперативно с применением ЭВМ решать вопросы инструментообеспечения; осваивать и внедрять системы автоматизированного проектирования режущего инструмента (САПР РИ); применять автоматизированные системы проектирования инструментальных наладок для обработки групп деталей в многономенклатурном производстве.

Для эффективной эксплуатации современного оборудования с ЧПУ необходимо создание надежной системы инструментальной оснастки, отличающейся разнообраз-

ными технологическими функциями. Разработка систем инструментообеспечения возможна при использовании современной теории формообразования и проектирования режущего инструмента и инструментальных систем (ИС) при помощи ЭВМ. В основу САПР инструмента и инструментальных систем должны быть положены следующие требования. Необходимо применять принцип системности, означающий разработку не отдельного инструмента, а единой ИС, содержащей обрабатывающий вспомогательный и измерительный инструмент, а также приборы для его настройки вне станка и средства его диагностирования. Для массового и крупносерийного производств следует создавать блочную инструментальную оснастку с большим числом режущих кромок, специальные головки для одновременной многоинструментальной обработки, специальный и комбинированный инструмент со сменными многогранными режущими пластинами с различными покрытиями и устройствами их автоматической смены. С увеличением гибкости производства ИС должна обладать универсальностью, надежностью и простотой в эксплуатации.

Решение указанных проблем возможно при создании САПР ИС, являющихся элементом комплексной САПР ТПП. САПР должна функционировать совместно с ИПС режущего инструмента, при помощи которой выбор нужного инструмента может осуществляться в режиме диалога технолога с ЭВМ или в автоматическом режиме.

Рис. 24. Схема выбора токарных резцов в ИПС РИ.

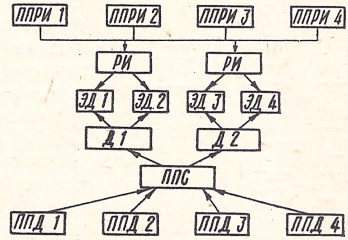


Рис. 25. Схема основных направлений развития САПР РИ.

САПР инструмента должна решать две самостоятельные задачи: формирование образа инструмента как основы для запроса и организации его поиска из имеющихся конструкций; проектирование специального инструмента.

Выбор режущего инструмента (стандартных токарных резцов с механическим креплением пластин и с напайными пластинами, сверл, зенкеров и разверток, а также специальных сверл, зенкеров и разверток) можно проиллюстрировать на примере ИПС, разработанной в Мосстанкине. База данных системы содержит ГОСТы, ОСТы, стандарты на режущий инструмент более 1000 наименований. ИПС создана для ЭВМ серии ЕС с операционной системой ОС версии не ниже 6,1, требует 120 Кбайт оперативной памяти и 200 Кбайт внешней памяти на магнитных дисках.

В качестве исходных данных в ИПС вводятся характеристика обрабатываемой детали (материал, размеры обработки, допуск на размер, шероховатость поверхности), характеристики режущего инструмента (тип, конструкция, геометрические параметры, материал) и условия обработки (режимы резания, размер партии, модель станка).

Схема выбора токарных резцов для продольного точения напроход с механическим креплением пластин приведена на рис. 24 (сплошными линиями показано направление поиска, штриховыми — признаки, не требующиеся для данного поиска; римскими цифрами обозначены уровни поиска).

На уровне *I* задается тип инструмента (*M* — резцы с механическим креплением пластины; *N* — резцы с напайкой пластины; *S* — специальные резцы; *H* — стандартизированные сверла, зенкеры и развертки; *SH* — специальные сверла, зенкеры и

развертки). На уровне *II* указывается код требуемой операции обработки (*0* — растачивание глухих отверстий; *1* — продольное точение напроход; *2* — продольное точение с подрезанием торца; *3* — растачивание сквозных отверстий; *4* — точение по копиру). На уровне *III* выбирается возможное направление подачи (*1* — правое, *2* — левое, *3* — поперечное, *4* — правое и поперечное, *5* — левое и поперечное, *6* — правое и левое). На уровне *IV* указывается возможный вид стружколомающего элемента (*1* — накладной стружколом, *2* — прошлифованная канавка). На уровне *V* с учетом степени нагружения сменной пластины в зависимости от условий обработки выбирается способ ее крепления.

Пластину без отверстия крепят с помощью прихвата (*Ø*), пластину с отверстием — с помощью винта (*0*). На уровне *VI* выбирают углы φ и α.

На уровне *VII* из таблиц базы данных выбираются линейные размеры державки l, B в соответствии с паспортными данными станка, для которого предназначен выбираемый инструмент, а на уровне *VIII* — угол γ, радиус скругления вершины пластины r_b, степень точности и размеры режущей пластины.

Применение упомянутой ИПС РИ позволяет автоматизировать выбор режущего инструмента, систематизировать принципы его назначения и уменьшить номенклатуру применяемого инструмента.

Развитие САПР РИ осуществляется по нескольким направлениям, основные из которых представлены на рис. 25. Первое направление — разработка пакетов прикладных программ проектирования режущего инструмента *(ППРИ 1)* с большой степенью универсальности. На базе таких пакетов возможно проектирование однотипных режущих инструментов из различных инструментальных материалов для работы на разнотипном оборудовании. Второе направление — разработка пакетов прикладных программ специального назначения *(ППРИ 2)* для проектирования однотипных инструментов в узком диапазоне размеров (например, зенкеров диаметром 30—50 мм). Третье направление — разработка пакетов программ *(ППРИ 3)*, которые базируются на информации о комплектах режущего инструмента конкретного станка, предназначенного для обработки определенного типа деталей. В этом случае *РИ* выбирают по данным о детали и технологическом процессе. Четвертое направление — формирование пакетов программ на основе поэлементного проектирования *РИ (ППРИ 4)*. Конечным результатом работы пакета программ является конструкция *РИ*, предназначенного для обработки элемента детали *(ЭД)*. Каждое изделие состоит из отдельных деталей *(Д 1, Д 2, ...)*. Для проектирования изделий разрабатывают соответствующие пакеты прикладных программ, содержащие программные модули проектирования деталей *(ППД 1, ППД 2, ...)* и сборки изделий *(ППС)*.

Рис. 26. Структура программы проектирования осевых инструментов.

САПР РИ позволяют вести проектирование в оптимизационном режиме, что обеспечивает выбор оптимальных геометрических параметров и размеров режущего инструмента, инструментального материала и т. д. В качестве примера на рис. 26 представлена структурная схема проектирования осевого инструмента (сверл, зенкеров, разверток, концевых фрез). Программа разработана в Мосстанкине и внедрена в ПО «Уралмаш». Расчет одного инструмента в режиме диалога занимает 2—5 мин, выполнение рабочего чертежа — 20—30 мин. В блоке *1* формируются исходные данные для расчета в режиме диалога. В проектном программном модуле (ППМ) *2* определяются номинальный диаметр инструмента и допуск на диаметр в зависимости от размеров отверстия и соответствующих допусков. При этом гарантируется точность обработки, так как в ППМ *9* инструмент рассчитывается на жесткость и устойчивость. В ППМ *3* определяется длина инструмента с учетом числа переточек, максимально допустимой подачи, жесткости и устойчивости инструмента. ППМ *4* обеспечивает выбор инструментального материала в зависимости от материала обрабатываемой детали, скорости резания, наличия корки при обработке, серийности производства деталей, размеров

инструмента и способа его изготовления, жесткости технологической системы, степени автоматизации оборудования. В ППМ *5* определяются оптимальные геометрические параметры инструмента. В ППМ *10* выбирается вид подточки, от которого зависят передние углы.

ППМ *6* позволяет определить ширину и высоту ленточки, а ППМ *7* — профиль торцевого сечения, размеры которого влияют на массу инструмента и обеспечивают достаточную прочность и жесткость его конструкции. В ППМ *8* рассчитываются параметры хвостовой части инструмента, а в ППМ *9* выполняется расчет на жесткость и продольную устойчивость при максимальной подаче. ППМ *11* содержит программу расчета профиля дискового инструмента для обработки винтовой канавки. Связь ППМ и последовательность их действий реализуется программой ДИСПЕТЧЕР (блок *12*). В блоке *13* содержатся базы данных, блок *14* позволяет оптимально спроектировать РИ с учетом экономии инструментальных материалов, а *15* — с учетом повышения стойкости.

При использовании автоматизированных технологических систем таких, как ГПС, проблемы оптимального инструментального обеспечения приобретают особую важность. Для ГПС необходимо формировать такие инструментальные наладки, которые позволяли бы при минимальном числе используемых видов инструмента обработать максимально возможное число элементарных поверхностей деталей, входящих в группу, а также обработать весь комплект деталей в течение одной смены без подналадки и замены отдельных инструментов при введении в наладку инструментов-дублеров.

Решение задачи формирования оптимальной наладки осуществляется по следующему алгоритму: определение качественного или видового состава инструментов, их количества и распределения инструментов по станкам с ЧПУ.

Для определения качественного состава набора инструментов используют «элементную» технологию обработки отдельных поверхностей, что позволяет увеличить количество элементарных поверхностей, обрабатываемых одним инструментом. Для количественной оценки состава инструментальной наладки учитывают стойкость инструмента и число обрабатываемых деталей без подналадки инструмента. При определении числа дублирующих инструментов учитывают вид деталей в группе; число деталей в партии, базовую совокупность инструментов для обработки элементарных поверхностей данной группы деталей, операционные технологические процессы для обработки деталей группы, режимы резания, выбранные для обработки группы деталей.

Число K_i инструментов-дублеров зависит от величины сменного задания группы станков $N_{\text{см}}$ и числа деталей N_{gi}, которое может быть обработано данным видом инструмента, т. е. $K_i = N_{\text{см}}/N_{gi}$. Если величина $N_{\text{см}}$ задается, то для определения N_{gi} необходимо учитывать стойкость данного инструмента и основное время обработки данной детали. Величину N_{gi} можно представить как сумму числа деталей, обработанных i-м инструментом по всем j наименованиям, т. е. $N_{gi} = \sum\limits_{j=1}^{m} n_i^j$, где n_i^j — действительное число деталей j-го наименования, которое может быть обработано i-м инструментом. Значение n_i^j является функцией стойкости T_{oi} данного инструмента и основного времени t_{oij} обработки, т. е. $n_i^j = T_{oi}/t_{oij}$. Записывая это выражение для всех видов инструментов, входящих в наладку, получают

$$\begin{cases} T_{o1} = \sum\limits_{j=1}^{m} t_{o1j} n_1^j; \\ T_{o2} = \sum\limits_{j=1}^{m} t_{o2j} n_2^j; \\ \cdots\cdots \\ T_{oi} = \sum\limits_{j=1}^{m} t_{oij} n_i^j. \end{cases}$$

Решая систему линейных уравнений на ЭВМ, можно определить суммарное действительное число деталей и число инструментов-дублеров по видам. На основе анализа стойкости инструмента и основного времени обработки каждой детали определяется количественный состав инструментальной наладки.

Глава 3
АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕХАНООБРАБОТКИ

ПРЕДПОСЫЛКИ И ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ ТЕХНИКИ В ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ МЕХАНООБРАБОТКИ

В настоящее время для машиностроительного производства характерны две тенденции: с одной стороны — сокращение «жизненного цикла» изделий (т. е. периода нахождения изделия в производстве до замены его на другую, более совершенную модель), с другой — постоянное увеличение продолжительности цикла технологической подготовки производства (ТПП) новых изделий, так как конструкции постоянно усложняются, требуют разработки все большего объема технической документации, разработки, освоения и применения новых технологических процессов. Так, в машиностроении нашей страны в среднем за 20 лет «жизненный цикл» сокращается примерно в 3 раза, а длительность ТПП увеличивается примерно в 2 раза. В настоящее время она составляет в среднем от 0,5 до 5 лет.

3. Трудоемкость конструкторской и технологической подготовки производства (ТПП)

Наименование изделия	Трудоемкость, ч	
	КПП	ТПП
Турбина ГРЭС (паровая) средней мощности	82 292	207 125
Гидротурбина ГЭС средней мощности	67 800	202 400
Мостовой кран	104	43 710
Ковшовый экскаватор	51 575	94 481
Гусеничный трактор	125	620 000

Технологическое проектирование является трудоемким процессом. Так, в тяжелом машиностроении усредненные реальные затраты времени на разработку маршрута технологического процесса с выбором оборудования для операций составляют 4—25 ч; разработку операций до уровня перехода с назначением оснастки, расчета режимов резания и нормированием — 10—80 ч; разработку и оформление операционных эскизов —2—40 ч; конструирование зажимных приспособлений — 2—150 ч; конструирование специального инструмента — 0,5—50 ч. В ряде случаев трудоемкость ТПП значительно превышает трудоемкость конструкторской технологической подготовки производства (КПП). Трудоемкость КПП и ТПП для некоторых изделий единичного, серийного и массового производства приведена в табл. 3.

Если учесть, что годовой фонд работы технолога составляет около 2000 ч, то можно оценить, насколько велика трудоемкость технологического проектирования. При этом на каждую тысячу наименований новых деталей разрабатывается в среднем свыше 15 тыс. листов (формат А4) различной текстовой технологической документации, например, маршрутных и операционных карт, ведомостей оснастки и т. д. Одновременно проектируется также до 5 тыс. чертежей оснастки (зажимных приспособлений, режущего, мерительного и вспомогательного инструмента). Практически перечень технологических документов, разрабатываемых при технологической подготовке производства, не является одинаковым в различных отраслях машиностроения и часто устанавливается в соответствии с местными условиями или традициями на предприятии. Иногда комплект документации состоит более чем из двадцати наименований форм.

Для каждой отрасли машиностроения характерна своя специфика производства, зависящая от типа производства (единичное, серийное массовое), назначения изготовляемых изделий, предъявляемых к ним требований по точности, уровня органи-

зации производства и его технической оснащенности. Большое значение имеют сложившиеся производственные традиции. Современное машиностроение отличается также высокой многономенклатурностью, исчисляемой сотнями тысяч наименований машин и механизмов. При этом общее количество наименований изготовляемых деталей уже составляет десятки миллиардов. По массе диапазон обрабатываемых деталей колеблется в пределах от нескольких граммов (приборостроение) до сотен тонн (детали оборудования для металлургии и добывающих отраслей). Постоянно возрастает значение многономенклатурного производства. Так, за последние 30 лет объем трудоемкости механической обработки деталей, изготовляемых в условиях единичного, мелко- и среднесерийного производств возрос примерно от 60 до 85 % объема всей механической обработки. При этом абсолютные объемы крупносерийного и массового производства тоже растут, но более медленными темпами.

Это обстоятельство усиливает влияние качества технологических решений на экономические показатели производства. Так, во всех случаях производства продукции в условиях каждого конкретного предприятия необходимо добиваться рационального варианта технологии, основанного на экономически целесообразном выборе оборудования и оснастки и обеспечивающего заданный уровень механизации. С этой целью, т. е. для выпуска высококачественных изделий с наименьшими затратами, необходимо повышать качество технологических решений за счет рассмотрения нескольких вариантов ТП и выбора из них наилучшего.

Однако просчет нескольких вариантов ТП весьма трудоемок и в условиях реального производства в настоящее время возможен только в условиях массового производства. Обычно при традиционных методах проектирования разрабатывается лишь один вариант и только на уровне маршрутного ТП. Естественно, что такие варианты не являются оптимальными, а суммарные потери производства при этом велики. Интегральная оценка количественных показателей показывает, что производительность труда традиционного технологического проектирования может быть увеличена более чем в 10—20 раз.

Успешное решение этой проблемы возможно лишь при широком внедрении САПР ТП, основанных на применении ЭВМ. САПР ТП позволяют высвободить проектировщика от выполнения частоповторяющихся нетворческих задач и тем самым высвободить время и интеллектуальные силы для решения задач, направленных на выработку направлений технического прогресса предприятия, определение перспектив его развития, позволяет резко повысить производительность труда технологических служб, улучшить качество проектируемых ТП. Возможность детальной проработки ТП обеспечивает как повышение качества процессов производства, так и повышение точности технического нормирования. Последнее обстоятельство имеет огромное значение для адекватной оценки затрат труда, а следовательно, и обоснованной оплаты труда и установления цен на изделия, отвечающих реальным общественно необходимым затратам.

Детальный анализ возможностей применения вычислительной техники и основанных на ней САПР в процессе ТПП целесообразно проводить, разделив решаемые при ТПП технологические задачи на четыре группы: оформление документов, поиск информации, инженерные расчеты, логические рассуждения и принятие решений.

Первая из указанных групп задач всегда присутствует при проектировании и обычно занимает около 30—50 % общих затрат времени. Эти работы практически полностью могут выполняться техническими средствами САПР. Так, при оформлении (печатании) текстовых документов (например, маршрутных и операционных карт и т. п.) обеспечивается производительность свыше 1000 строк в минуту при размере строки до 130 символов. При оформлении графических документов обеспечивается производительность вычерчивания линий до 800—1000 мм/с на электромеханических, чертежно-графических автоматах (ЧГА) и до 8 м/мин продвижения бумаги из рулона на растровых ЧГА, где применяется электростатистическая бумага.

Вторая группа задач связана с поиском необходимой информации о сортаменте материалов, характеристиках оборудования и оснастки, режимах резания, а также поиск аналогов для работы среди ранее выполнявшихся. Эта сфера деятельности при проектировании, на которую обычно сейчас еще затрачивается 15—20 % общего фонда времени, также полностью поддается автоматизации на основе использования специализированных ИПС технологического назначения (ИПС ТН). Вопросы классификации ИПС, требований, предъявляемых к ним, и требований к их компонентам зафиксированы в ГОСТ 14.411—77 и ГОСТ 14.409—77.

Третью группу задач, также поддающихся автоматизации, составляют инженерные расчеты, как правило, выполняемые по уже известным, ранее апробированным формулам и алгоритмам (20—40 % общего фонда времени). Например, расчет припусков на обработку, режимов резания и норм времени, расхода материалов, геометрии режущего инструмента, элементов приспособлений, исполнительных размеров калибров, штампов и пресс-форм, синтез управляющих программ для станков с ЧПУ и промышленных роботов.

Четвертую группу задач составляют логические рассуждения и принятия решений, определяющие творческий характер деятельности инженера и слабо поддающиеся формализации. В современных условиях при традиционном проектировании на решение этих задач может быть выделено не более 10 %. В то же время именно эти задачи во многом определяют эффективность проектирования. К ним относятся, например, синтез структуры ТП, т. е. выбор маршрута обработки, синтез структуры операции, выбор баз, разработка конструкции технологической оснастки и т. п.

Попытки автоматизации таких задач успешны в настоящее время практически лишь для деталей типа тел вращения, для простых деталей, у которых изменяются лишь размерные характеристики, а структура остается постоянной. Успешному развитию САПР препятствует отсутствие зависимостей, связывающих структуру изделия, подлежащего изготовлению, со структурой разрабатываемого для изготовления такого изделия технологического процесса.

В связи с разработкой и широким внедрением САПР в технологическое проектирование процессов механообработки в настоящее время остро ставится задача овладения ИТР машиностроительных специальностей знаниями, умениями и навыками в области вычислительной техники вообще и в конкретной области САПР. Современный инженер должен быть знаком с техническими и базовыми программными возможностями вычислительной техники, а также конкретными приемами ее использования для ТПП, методами постановки задач на ЭВМ. Инженер должен обладать навыками разработки, реализации и отладки на ЭВМ алгоритмов решения задач технологического проектирования, находить и устранять ошибки в алгоритмах уже функционирующих систем. Можно выделить следующий набор задач, решение которых современный инженер-технолог механообработки должен уметь выполнять на ЭВМ: формальный отчет, работа с большими массивами информации, разработка алгоритмов обработки табличных, сетевых перестановочных и сочетательных моделей и их реализации на ЭВМ, синтез из существующих программных модулей решения типовых задач необходимых программных комплексов.

В настоящее время разработано и внедрено свыше 700 САПР ТП механообработки. Трудоемкость разработки программных комплексов измеряется десятками человеко-лет, а объем программы составляет, как правило, даже для решения локальных задач десятки тысяч операторов языка высокого уровня. Поэтому актуальной и целесообразной является задача не создания новой САПР для конкретного предприятия, а выбор системы из множества имеющихся и соответствующей профилю и характеру данного предприятия и адаптация ее к конкретной производственной обстановке. Следовательно, необходим навык выбора САПР исходя из соответствия кругу задач и степени подробности их решения на данном предприятии.

КЛАССИФИКАЦИЯ САПР ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕХАНООБРАБОТКИ

В различных отраслях машиностроительного комплекса конкретной САПР присваивается цифровой код, отражающий ее основные технические характеристики (ГОСТ 23501.108—85). Наличие цифрового кода, т. е. укрупненного формализованного описания для каждой из множества существующих или разрабатываемых САПР позволяет по формальным признакам, а при необходимости и автоматизированно планировать разработку новых САПР и их компонентов, а также вести целенаправленный поиск требуемой САПР и производить отбор конкретной системы из имеющегося множества однотипных (подобных) систем.

Установлено восемь признаков классификации, по всем из них, кроме второго, определены однозначные цифровые коды. Признаками классификации являются тип объекта проектирования, его разновидность, сложность, уровень автоматизации проектирования, ее комплексность, характер и количество выпускаемых документов и уровней в структуре технического обеспечения.

Классификационный код САПР формируется фасетным методом. При этом коды по признакам классификации записываются в одной строке последовательно один за другим и отделяются между собой точкой.

Поскольку код по второму признаку (код второй классификационной группировки) является не регламентированным по разрядности и его разрядность может устанавливаться на отраслевом уровне, то допускается этот код отделять от других кодов не только точками, но и дефисами или круглыми скобками.

Стандарт допускает также вводить дополнительные признаки, характеризующие систему, например по наличию и типу автоматизированного банка данных, операционной системы, наличию средств тестирования, по методу проектирования и т. п.

По типу объекта проектирования установлены коды: «1» — САПР изделий машиностроения; «2» — САПР изделий приборостроения; «3» — САПР ТП машиностроения или приборостроения; «4» — САПР объектов строительства; «5» — САПР технологических процессов строительства; «6» — САПР программных изделий, например, управляющих программ для станков с ЧПУ, роботов, ЭВМ и т. п.; «7» — САПР организационных систем; «8» — прочие САПР.

По разновидности объекта проектирования кодовое обозначение производится по действующим в конкретной отрасли народного хозяйства классификаторам. Например, для САПР изделий машиностроения и приборостроения можно рекомендовать классификатор ЕСКД или Общесоюзный классификатор промышленной и сельскохозяйственной продукции (ОКП), для САПР ТП — классификатор технологических операций в машиностроении и приборостроении или отраслевые классификаторы и т. п.

4. Сложность объектов проектирования для САПР ТП машиностроения

Код сложности	Количество размеров на чертеже детали	Количество технологических переделов, доступных проектированию
1	10^1	1
2	10^1	2
3	10^2	5
4	10^3	5
5	10^5	5

Для САПР, проектирующей объекты нескольких классов, проставляется соответствующая последовательность кодовых обозначений классов проектируемых объектов. Между собой их разделяют символом «/» (косая черта) или «|» (вертикальная черта). Например, при использовании классификатора ЕСКД код 280 000/294 000 обозначает, что САПР проектируются объекты класса 280 000 (инструмент режущий) и подкласса 294 000 (приспособления и инструмент для обработки давлением).

По сложности объекта проектирования предусмотрено пять ступеней оценки, т. е. кодовых обозначений: «1» — простой объект; «2» — средней сложности; «3» — сложный; «4» — очень сложный; «5» — очень высокой сложности.

Строгой регламентации для количественной оценки указанных понятий в настоящее время не существует. Для САПР собственно изделий машиностроения есть лишь рекомендации, учитывающие количество, например позиций в спецификации к сборочному чертежу изделий. При этом граничные значения количества «частей изделия» следуют по ступеням сложности; 10^2 (технологическая оснастка, редукторы и т. п.), 10^3 (металлорежущие станки, приборы и т. п.), 10^4 (тракторы, автомобили и т. п.), 10^5 (самолеты, ЭЦВМ и т. п.).

Для САПР ТП в качестве критерия сложности объекта можно рекомендовать число размеров на чертеже детали, для которой может быть спроектирован ТП, а также количество технологических пределов, охватываемых проектированием (обработка резанием, обработка давлением, насыщение, термообработка, покрытия и т. п.). Рекомендуемые показатели приведены в табл. 4.

По уровню автоматизации проектирования предусмотрены три ступени с соответствующими кодами: «1» — низкоавтоматизированное проектирование; «2» — среднеавтоматизированное; «3» — высокоавтоматизированное. Обеспечивают соответственно до 25, до 50 и свыше 50 % автоматизации всех проектных процедур.

По комплексности автоматизации проектирования также имеются три ступени с кодовыми обозначениями: «1» — одноэтапная САПР, выполняющая лишь один этап проектирования (например, разрабатывающая только маршрутный ТП или только проектирование операционных карт с расчетом режимов резания, но без технического нормирования); «2» — многоэтапная САПР, состоит из нескольких этапов проектирования из всех установленных для объекта, проектируемого системой (например,

проектирующая маршрутно-операционное описание технологического процесса, детализированного до уровня перехода с оценкой межоперационных размеров, а также предназначенная для технического нормирования); «3» — комплексная САПР, выполняющая все этапы проектирования, установленные для объекта, проектируемого системой.

Для САПР ТП комплексная ступень должна включать требования проектирования исходной заготовки, разработку ТП, включающего все технологические переделы и детализированного до уровня перехода, синтез управляющих программ для станков с ЧПУ, выпуск полного комплекта текстовых форм, операционных эскизов, проектирование технологической оснастки и технологии ее изготовления, в том числе и УП для станков с ЧПУ и комплект документации.

По характеру выпускаемых документов предусмотрено пять ступеней с кодовыми обозначениями: «1» — САПР, выпускающая документы (текстовые и (или) графические) на бумажной ленте и (или) листе; «2» — САПР, выпускающая документы на машинных носителях (перфоносителях или магнитных носителях); «3» — САПР, выпускающая документы на фотоносителях (микрофильмах, микрофишах, фотошаблонах и т. п.); «4» — САПР комбинированная, выполняет документы на двух и более типах носителей; «5» — прочие САПР.

Применение универсальных ЭВМ автоматически обеспечивает возможность как выпуска документов на бумажном носителе, так и каком-либо другом или на нескольких машинных типах. В этом плане наибольшими возможностями располагают большие машины (ЕС ЭВМ), почти не уступают им по возможностям малые машины (СМ ЭВМ). На персональных компьютерах, как правило, невозможно работать с перфоносителями, но при специальной доработке устройств согласования можно при необходимости расширить комплекс периферийных устройств ПЭВМ, включить в него перфоратор и считывающее устройство.

На ряде предприятий многономенклатурного производства подлинники документов хранятся только на магнитном носителе. Такая технология упрощает процесс внесения изменений. На бумажный носитель документация выводится лишь для выполнения заказа на изготовление партии изделий. После выполнения заказа документация на бумаге уничтожается. При необходимости внесения изменения в ТП они осуществляются лишь в одном месте — на магнитном носителе.

По количеству выпускаемых документов комплексно характеризуется производительность конкретной САПР. Установлены три степени производительности САПР: «1» — малой; «2» — средней; «3» — высокой.

Количественные показатели производительности стандартом жестко не регламентированы, так как они зависят от характера выпускаемых документов. Для САПР ТП, выпускающих текстовые документы (маршрутные, операционные карты, ведомости оснастки и т. п.), могут быть рекомендованы следующие количественные показатели, измеряемые в количестве листов формата А4, выпускаемых за год;: «1» — до 10^5, «2» — до 10^6, «3» — свыше 10^6.

Этот показатель зависит от многих факторов эксплуатации САПР. Большую роль наряду с программным обеспечением, играют набор технических средств и квалификация пользователей. Так, производительность САПР, реализуемых на ЕС ЭВМ, зависит от модели самой ЭВМ и производительности ее процессора, качества генерации операционной системы ОС ЕС, ее типа, количества АЦПУ и их моделей, установленных на комплексе. В настоящее время реальная отдача САПР ТП в большой степени зависит от надежности технических средств и от квалификации пользователей и самой технологии проектирования. При удовлетворительном состоянии техники, многотерминальном режиме эксплуатации и обученном персонале использование ЕС ЭВМ позволяет многократно перекрывать показатели высокой производительности даже при работе в 1 смену. При реализации САПР на СМ ЭВМ высокая производительность может быть достигнута благодаря применению АЦПУ параллельной печати, однако они менее надежны чем АЦПУ ЕС ЭВМ.

По количеству уровней в структуре технического обеспечения также установлены степени САПР с цифровыми кодами: «1» — одноуровневая, построена на основе средней (СМ ЭВМ) или большой ЭВМ (ЕС ЭВМ) со штатным набором периферийных устройств и средствами обработки графической информации; «2» — двухуровневая, на основе центральной ЭВМ и взаимосвязанных с ней одного или нескольких автоматизированных рабочих мест (АРМ), имеющих собственную ЭВМ; «3» — трехуровневая, построена на основе большой ЭВМ, нескольких АРМ и периферийного программно-

управляемого оборудования для централизованного обслуживания этих АРМ, или на основе большой ЭВМ и группы АРМ, объединенных в вычислительную сеть.

В настоящее время в большинстве случаев при реализации САПР на ЕС ЭВМ или СМ ЭВМ применяется либо одноуровневая, либо двухуровневая система в зависимости от возможностей комплектации дисплейными устройствами. Так, при применении больших машин, например, ЕС-1060 с дисплейным комплексом ЕС-7920 или ЕС-7970, имеется возможность одновременной независимой работы со 100 пользователями. Операционная система ОС ЕС в режиме MVS совместно с диалоговой системой коллективного доступа, например PRIMUS, FOKUS, ОКО, КДО, обеспечивают пользователю широкий набор команд для решения любых задач взаимодействия с ЭВМ, а виртуальный режим эксплуатации предоставляет каждому пользователю неограниченные ресурсы памяти. Однако в целях рационального использования ресурсов больших ЭВМ следует строить структуру технического комплекса САПР таким образом, чтобы использовать процессор большой ЭВМ лишь для собственно проектирования, а все операции по подготовке исходных данных, организацию при этом диалога, операции по анализу и обработке результатов проектирования осуществлять с помощью малых или персональных ЭВМ.

Во многих отраслях машиностроительного комплекса созданы и успешно эксплуатируются трехуровневые комплексные САПР. В качестве головной ЭВМ в них используются суперЭВМ — многомашинный комплекс «Эльбрус» отечественной разработки. На втором уровне находится несколько машин серии ЕС максимальной мощности, например ЕС-1061, ЕС-1066.

На третьем уровне используются АРМ-2 со своим комплексом автоматизированных рабочих мест, обеспечивающих как подготовку исходных текстовых и графических данных, так и обработку результатов проектирования. Такие системы способны выполнять функциональное проектирование, конструирование, технологическое проектирование, синтез программ для оборудования с ЧПУ, управление процессом обработки деталей изделия, а также автоматизированное управление как процессом проектирования, так и производством, причем обработкой и сборкой изделий.

Примеры формирования формализованных кодов конструкторской САПР металлорежущих станков, обозначенных 1.04 1000.2.1.2.1.1.2, и САПР ТП станков, обозначенных 3.ЗАГ + МОО (МК) + НОРМ.3.3.2.4.3.2, рассмотрены в табл. 5.

С целью систематизации анализа существующего множества внедренных в промышленности САПР ТП применяется классификация САПР ТП по степени автоматизации процесса проектирования, применяемым техническим средствам и по сложности решаемых задач. Такая классификация предусматривает разделение всех САПР ТП на четыре множества и тем самым выделение четырех уровней автоматизации проектирования.

Классификация удобнее при рассмотрении основных принципов построения и анализе возможностей как существующих и внедренных САПР, так и вновь разрабатываемых.

Первые два уровня представляют интерактивные САПР ТП, в которых функции принятия решений и синтеза структур маршрута и операций, выбора оборудования и оснастки решает проектировщик.

Последующие два уровня представляют алгоритмические САПР ТП, программное обеспечение которых содержит алгоритмы, фиксирующие технологические знания. При работе с такими системами функции проектировщика в основном сводятся к подготовке исходных данных, например к описанию чертежа детали и проверке результатов проектирования.

САПР 1-го уровня реализуются на печатно-кодирующих автоматах типа УПДЛ либо на ПЭВМ. Такие системы обеспечивают частичную автоматизацию процесса оформления текстовой документации. Например, заполнение маршрутных или операционных карт либо различных ведомостей. Разработка и эксплуатация таких систем возможны лишь после формирования классификатора, например технологических операций и переходов. Основной принцип построения систем заключается в том, что при выпуске технологической документации обычно применяется ограниченный набор фраз. Каждая из них содержит неизменно «постоянную» часть информации, дополняемую каждый раз новой «переменной» информацией, например размерами обработки, обозначениями моделей станков, шифрами оснастки и т. п.

САПР 2-го уровня реализуется на ЭВМ различных моделей как на микро-, мини-, так и на больших ЭВМ. Кроме решения вопросов документирования (по аналогии с

5. Порядок формирования формализованного кода САПР

Признак	Код	Наименование или характеристика САПР	Нормативный документ
		Кодирование САПР КПП	
1	1	САПР изделий машиностроения	ГОСТ 23501.108—85
2	041 000	Проектирует станки для обработки резанием	Классификатор ЕСКД
3	2	САПР объектов средней сложности	ГОСТ 23501.108—85
4	1	Уровень автоматизации 22,5 %	Методика Госстроя СССР от 19.11.81 № 95Д
5	1	Одноэтапная	ГОСТ 23501.108—85
6	1	Выпускает документы на бумажной основе (текстовые и графические)	ГОСТ 23501.108—85
7	1	САПР малой производительности, выпускает до 10^5 листов формата А4 за год	ГОСТ 23501.108—85
8	2	Двухуровневая	ГОСТ 23501.108—85
		Кодирование САПР ТПП	
1	3	САПР ТП	ГОСТ 23501.108—85
2	ЗАГ + +МОО (МК) + + НОРМ.	Проектирует заготовку, маршрутно-операционное описание ТП и выполняет нормирование	Классификатор КПИ
3	3	Количество размеров детали не ограничено; проектирует 5 технологических переделов	То же
4	3	Уровень автоматизации 90 %	Методика Госстроя СССР от 19.11.81 № 95Д
5	2	Многоэтапная	ГОСТ 23501.108—85

САПР 1-го уровня) выполняются также и различные инженерные расчеты, например расчет размеров заготовок, разверток для листовой штамповки, расчет исполнительных размеров приспособлений, штампов и пресс-форм, расчет оптимизированных режимов резания, технического нормирования. При этом возможно также формирование не только одного из видов технологической документации, но и комплекта, состоящего из нескольких видов форм, например маршрутного ТП в маршрутных картах, операционного ТП в операционных картах и ведомости оснастки.

САПР 3-го уровня реализуются на ЭВМ средней и большой мощности. Программное обеспечение таких систем содержит алгоритмы решения технологических задач синтеза структуры технологического процесса и структур его операций. Лучшие образцы САПР 3-го уровня на этапе «документирование» формируют оптимизированные по различным критериям комплекты технологических документов до 20 наименований. Распространенным является следующий набор документов: маршрутный ТП, сквозной для всех технологических переделов и цехов, выполненный в маршрутных картах; операционные ТП, выполненные в операционных картах с детализацией до уровня перехода, указанием режимов обработки и техническим нормированием для каждого цеха в отдельности; бланки карт эскизов в необходимом количестве с заполнением текстовой части; ведомость материалов с нормами расхода основных и вспомогательных материалов; ведомости оснастки (зажимных приспособлений, режущего, мерительного и вспомогательного инструментов); ведомость расцеховок; ведомость потребности в оборудовании при необходимости заказа нового оборудования; ведомость трудоемкости по видам работ и планируемого снижения трудоемкости; заказ на проектирование оснастки; ведомость оснастки «0-й» очереди, УП для станков с ЧПУ и промышленных роботов.

Проектируется два варианта ТП. Один из них оптимизирован по сроку ТПП и предназначен для изготовления установочной партии изделий. Второй — по себестоимости изготовления изделий и предназначен для серийного производства.

САПР 4-го уровня в составе комплекса технических средств содержит также средства машинной графики. Это позволяет формировать кроме текстовых документов, свойственных предыдущему уровню, также графическую документацию (карты раскроя заготовок, карты эскизов, чертежи зажимных приспособлений и инструмента, а также текстовую технологическую документацию и УП к станкам с ЧПУ для изготовления этой оснастки).

ИНТЕРАКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Механизированное проектирование ТП с применением САПР 1-го уровня основано на применении классификаторов технологических операций и переходов. В общесоюзном масштабе в настоящее время применяется лишь классификатор для операций [8]. Для переходов используются отраслевые или внутренние классификаторы предприятий. Полный классификатор для предприятия обычно содержит около 2,0 тыс. записей. Использование полного классификатора непосредственно при проектировании трудоемко. Поэтому целесообразно на основе полного классификатора разрабатывать классификаторы, специализированные по групповому принципу обработки. Такой классификатор обычно содержит около 150 записей и может быть оформлен (с помощью фототехники) на листе формата А3. Пример фрагмента классификатора для проектирования ТП обработки тел вращения приведен в табл. 6.

6. Фрагмент классификатора операций и переходов для ТП обработки «тел вращения»

Код	Технологические операции и переходы	Оборудование, измерительный инструмент
	Долбежные	
57	Долбежная	Станок?
58	Долбить шпоночный паз, выдерживая размеры?	?Резец, Калибр?, ШЦ-?
59	Долбить шлицевые пазы, выдерживая размеры?	? Резец?, Калибр?, ШЦ-?
	Протяжные	
60	Протяжная	Станок?
61	Протянуть шпоночный паз, выдерживая размеры согласно чертежу	? Протяжка?, Калибр?, ШЦ-?
62	Протянуть шлицевые отверстия, выдерживая размеры согласно чертежу	? Протяжка?, Калибр?, ШЦ-?
63	Протянуть отверстие, выдерживая размеры согласно чертежу	? Протяжка? ? Пробка ∅?
	Разметочные	
64	Разметка	Станок?
65	Разметить окно согласно чертежу	ШР-?
66	Разметить лыску согласно чертежу	ШР-?
67	Разметить уступ согласно чертежу	ШР-?
68	Разметить шпоночный паз согласно чертежу	ШР-?, Кернер, Молоток
69	Разметить паз согласно чертежу	ШЦ-?

Технической базой для САПР 1-го уровня являются устройства подготовки данных на перфоленте (УПДЛ) моделей «Брест-1Т», «Брест-2», ЕС-8507, ЕС-9024, «Орг-

текст», «Оргтекст-2Д». Наиболее распространенное из названных устройство ЕС-9024 содержит в качестве устройства ввода-вывода электрическую пишущую машинку «Консул-256» или «Консул-260», обеспечивающую автоматическую печать текста, считываемого с перфоленты со скоростью 12 симв/с. Для подготовки перфолент устройство укомплектовано перфоратором ПЛ-150. Предусмотрено девять режимов эксплуатации, задаваемых оператором на пульте управления комбинацией включения соответствующих тумблеров:

«подготовка данных» применяется для изготовления перфолент с новым текстом;

«распечатка» обеспечивает вывод текста, нанесенного на перфоленте, «на бумагу» при изготовлении документации или для последующего визуального контроля;

«распечатка технологических процессов» предусматривает автоматический поиск по указанному коду на перфоленте требуемого фрагмента текста и распечатку постоянной части его информации в проектируемом документе, а также автоматическую остановку пишущей машинки по коду «СТП» и подключение ее клавиатуры для ручного впечатывания оператором переменной информации (например, размерных параметров, номеров цеха, операции, шифров оснастки и т. п.);

«сравнение с клавиатурой» применяется для полуавтоматического контроля изготовленной перфоленты. С этой целью контролируемая перфолента устанавливается в считывающее устройство, а подготовленный на ней ранее текст повторно набирается на клавиатуре пишущей машинки. При обнаружении различия между символом, набранным на клавиатуре, и символом, считанным с перфоленты, клавиатура блокируется и оператор имеет возможность оценить ситуацию и ввести правильный символ. Этот символ и будет отражен на изготавливаемой при сравнении новой перфоленте;

«сравнения с распечаткой» позволяет выполнять сравнение двух перфолент и одновременную распечатку подготовленного на них текста;

«сравнение» применяется для проверки правильности нанесенного на перфоленту текста при подготовке одинакового текста на двух перфолентах двумя операторами или для контроля перфоленты, изготовленной в режиме «реперфорация»;

«реперфорация» применяется для размножения перфолент;

«сравнение с реперфорацией» аналогичен режиму «сравнение», но обеспечивает изготовление третьей перфоленты. При обнаружении расхождения между очередными символами, считанными с двух перфолент, дальнейшее считывание останавливается и подключается клавиатура пишущей машинки для указания операторам требуемого символа. Если он совпадает с символом, нанесенным на одной из перфолент, то он наносится на новую ленту, клавиатура отключается и вновь включается считывающее устройство;

«исправление ошибок» позволяет автоматически редактировать перфоленты, получаемые при первом нанесении информации. При нанесении информации на перфоленту оператор имеет возможность с помощью клавиш «забой» не учитывать неправильно введенный символ (свою ошибку). После изготовления перфолента устанавливается обратным концом в считывающее устройство и в режиме «исправление ошибок» репродуцируется новая лента без «удаленных» символов.

САПР 1-го уровня могут быть реализованы также и на ПЭВМ. Фрагмент программы на языке Бейсик, реализующей обработку позиций 34 и 45 приведенного классификатора, показан ниже.

```
1Ø  REM «САПР — — — 1-го уровня» : CLS
2Ø  SLS : LOCATE 3,3
3Ø  INPUT «УКАЖИТЕ КОД ПО КЛАССИФИКАТОРУ»; KOD
4Ø  IF KOD = 2Ø THEN GOSUB 12Ø
5Ø  IF KOD = 31 THEN GOSUB 33Ø
6Ø  IF KOD = Ø THEN GOTO 9Ø
7Ø  FOR I = 1 TO 5ØØ : NEXT I
8Ø  GOTO 1Ø
9Ø  CLS : LOCATE 1Ø, 15 : PRINT «ДО НОВЫХ ВСТРЕЧ!»
1ØØ END
11Ø CLS
12Ø LOCATE 3,3 : PRINT «НОМЕР ЦЕХА»
13Ø LOCATE 5,3 : PRINT «НОМЕР ОПЕРАЦИИ»
14Ø LOCATE 7,3 : PRINT «СТАНОК»
15Ø LOCATE 3,18 : INPUT »», CEX¤
16Ø LOCATE 5,18 : INPUT »», OPER¤
17Ø LOCATE 7,18 : INPUT »», STANOK¤ : LOCATE 17,1
18Ø PRINT TAB (5); » : B : »; PRINT CEX¤; TAB (15); »,»;
19Ø PRINT TAB (22); »,»; TAB (26); »,»;
```

```
2ØØ LPRINT TAB (5); » : B : » : LPRINT CEX¤; TAB (15); »,»;
21Ø LPRINT TAB (22); »,»; TAB (26); »,»;
22Ø PRINT OPER¤; TAB (31); »,»; TAB (38); «411Ø ТОКАРНАЯ»;
23Ø PRINT TAB (7Ø); »,»; TAB (76); » : »
24Ø LPRINT OPER¤; TAB (31); »,»; TAB (38); «411Ø ТОКАРНАЯ»;
25Ø LPRINT TAB (7Ø); »,»; TAB (76); » : »
26Ø PRINT TAB (5); » : Г : ИОТ 1Ø1—81»; TAB (76); » : »
27Ø LPRINT TAB (5); » : Г : ИОТ 1Ø1—81»; TAB (76); » : »
28Ø PRINT TAB (5); » : Д : ТОКАРНЫЙ СТАНОК»; STANOK¤;
29Ø PRINT TAB (76); » : »
3ØØ LPRINT TAB (5); » : Д : ТОКАРНЫЙ СТАНОК»; STANOK¤;
31Ø LPRINT TAB (76); » : »
32Ø RETURN 1Ø
33Ø CLS : LOCATE 3,3 : PRINT «РАЗМЕР ПО ЧЕРТЕЖУ»
34Ø LOCATE 5,3 : PRINT «ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ РАЗМЕР»
35Ø LOCATE 7,3 : PRINT «ШИФР РЕЗЦА»
36Ø LOCATE 9,3 : PRINT «ДЛИНА ПОВЕРХНОСТИ»
37Ø LOCATE 3,3Ø : INPUT »», DNOM
38Ø LOCATE 5,3Ø : INPUT »», DTEHN
39Ø LOCATE 7,3Ø : INPUT »», REZEC¤
4ØØ LOCATE 9,3Ø : INPUT »», DLINA
41Ø TM = .ØØØØ75*DNOM*DLINA : LOCATE 15,1
42Ø PRINT TAB (5); » : O : ТОЧИТЬ ПОВЕРХНОСТЬ Ø»;
425 PRINT DNOM; «(черт.)»;
43Ø PRINT TAB (5Ø); «ДО Ø»; DTEHN; »,»; TAB (76); » : »
44Ø PRINT TAB (5); « :  : ВЫДЕРЖИВАЯ РАЗМЕР»;
45Ø PRINT DLINA; TAB (76); » : » : PRINT TAB (5); » : T : »; REZEC ¤;
46Ø PRINT «РЕЗЕЦ ПРОХОДНОЙ УПОРНЫЙ»; TAB (76); » : »
47Ø PRINT TAB (5); » : E : Тосн. = »; TM; «мин»;
48Ø PRINT TAB (76); » : » : RETURN 1Ø
```

Кроме заполнения маршрутной карты (форма 3 САПР по ГОСТ 3.1118—82 и в соответствии с ГОСТ 3.1124—86) данный фрагмент обеспечивает также расчет основного времени [7].

Технологической основой успешного применения САПР 1-го уровня является типизация и стандартизация элементов ТП. При этом на подготовительном этапе их применения предварительно осуществляются мероприятия по использованию карт типовых технологических операций и стандартных операций. Широко применяются так называемые «немые» технологические процессы. Суть такого метода заключается в разработке текстовой части ТП на типовые изделия с пропусками мест для последующей записи переменной информации, конкретизирующей данную операцию для соответствующего изделия. Далее такой текст в виде кодированного массива наносится на перфоленту (при применении УПДЛ) или на магнитный носитель (при применении ПЭВМ). Возможно также предварительное с помощью УПДЛ изготовление набора «немых карт», заполняемых технологом вручную.

Для ускоренного проектирования ТП применяются так называемые наборы операций. С этой целью предварительно отрабатываются часто повторяющиеся операции на различные виды работ. Их текст редактируется и заносится на машинный перфо- или магнитный носитель и размножается. На стадии проектирования технолог-разработчик, проанализировав чертеж и выявив конструктивно-технологические особенности изделия, производит набросок маршрута изготовления и подбирает требуемые «немые» карты, и затем вносит в них переменную информацию.

Применение САПР 1-го уровня позволяет исключить необходимость ручного написания в ТП часто повторяющихся текстовых фрагментов; сократить время на изменение ТП за счет внесения изменений в карты типовых ТП и типовых операций, а не в отдельные индивидуальные ТП; довести периодически меняющиеся требования и шифры нормалей и стандартов до проектировщика в удобной для него форме.

При разработке на предприятии в течение года 50—100 тыс. наименований ТП экономический эффект за счет повышения примерно в 1,5 раза производительности от внедрения САПР 1-го уровня составляет около 500 тыс. р. Одновременно резко снижается трудоемкость контроля проектируемых ТП.

Автоматизированное проектирование ТП с применением САПР 2-го уровня базируется на применении средств вычислительной техники и специального программного обеспечения. Применение ЭВМ позволяет значительно улучшить эксплуатационные характеристики системы по сравнению с применением УПДЛ на предыдущем уровне. Главным недостатком САПР, реализуемых на УПДЛ, являются наличие большого количества перфолент, создающее ряд

неудобств при поиске требуемых описаний, а также отчужденность технологов-проектировщиков от технических средств и необходимость использования операторов УПДЛ (машинисток).

Применение ЭВМ позволяет не только устранить эти недостатки за счет использования ресурсов внешней памяти на магнитных дисках, а также за счет реализации диалогового режима проектирования, но также позволяет углублять автоматизацию проектирования, в результате автоматизации поиска информации и выполнения расчетов (например режимов резания, норм времени) по апробированным и часто применяемым алгоритмам.

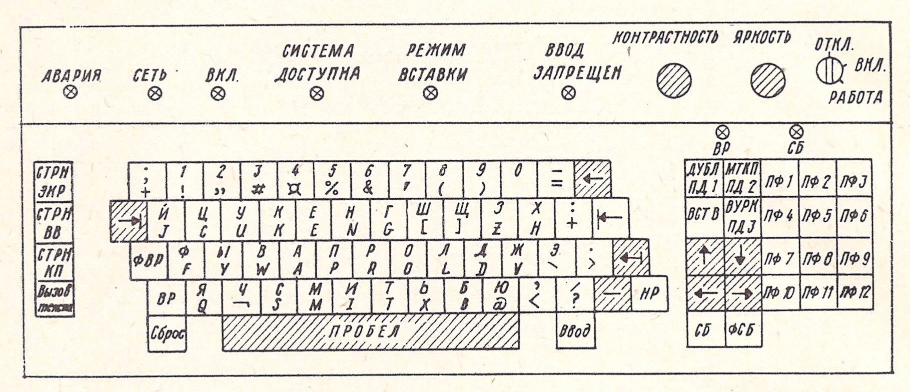


Рис. 27. Клавиатура дисплея ЕС 7920-1.

САПР 2-го уровня реализуются на всех типах ЭВМ: ЕС, СМ и ПЭВМ. Непосредственно сам процесс обработки исходной информации на ЭВМ осуществляется в основном в пакетном режиме. Но подготовка исходной информации описания структуры проектируемого ТП и характеристик технологической системы осуществляется в режиме непосредственного допуска с применением соответствующих средств диалога проектировщика с ЭВМ.

Диалоговая система коллективного доступа в PRIMUS обеспечивает режим непосредственного допуска проектировщика при работе на ЕС, ЭВМ, оснащенных дисплейным комплексом, например, ЕС 7920. На рис. 27 показан пульт управления дисплеем комплекса.

При включенном питании горит лампочки «СЕТЬ», «ВКЛ» и «СИСТЕМА ДОСТУПА». Клавиатура дисплея делится на пять групп с различным набором клавиш: 49 алфавитно-цифровых и знаковых, 8 управления курсором, 8 функциональных, 5 регистровых, 14 программного функционирования.

Клавиши управления курсором обеспечивают принудительное перемещение курсора в требуемую позицию экрана, например для редактирования текста. Клавиши перемещения не влияют на текст, который находится на экране (в отличие, например, от клавиши «ПРОБЕЛ»). Однократное нажатие клавиши ↓ приводит к перемещению курсора на одну строку без изменения столбца. При длительном нажатии клавиши курсор автоматически смещается по строкам вниз. Однократное нажатие клавиши ↑ перемещает курсор вверх на одну строку. Однократное нажатие клавиши → или ← перемещает курсор вправо или влево по строке. Клавиши →| (табуляция вправо) и |← (табуляция влево) предназначены для работы с так называемым «формализованным» экраном и используются операторами ЭВМ. Клавиша ← перемещает курсор в первую позицию следующей строки.

Регистровыми клавишами ВР и НР устанавливается требуемый (верхний или нижний) регистр. Эти клавиши требуют удержания. Если на пульте горит лампочка ВР, то состояние клавиатуры соответствует верхнему регистру, если не горит — нижнему. При длительном использовании верхнего регистра, например для ввода цифрового материала и русского текста, верхний регистр может быть зафиксирован

нажатием клавиши фиксации ВР (ФВР). Каждое нажатие этой клавиши переводит клавиатуру в новое состояние. Оценить текущее состояние можно по лампочке ВР. Клавиши СБ (строчная буква) и ФСБ (фиксация строчной буквы) — резервные и в данной конструкции не используются.

Центральная часть клавиатуры — клавиши с латинским и русским алфавитом, цифрами и различными символами. Если необходимо оставить пробел или стереть лишний символ, применяется клавиатура «ПРОБЕЛ», не имеющая маркировки.

Клавиши программного функционирования обозначены: «ВВОД», «ПФ1» — «ПФ12» и «ВЫЗОВ ТЕКСТА». Клавиша «ВВОД» применяется для инициирования выполнения заданной пользователем команды, например системы PRIMUS. Клавиши ПФ1 и ПФ2 обеспечивают очистку строки от курсора соответственно слева и справа, ПФ5 — копирование части верхней строки, ПФ6 — обмен строк, ПФ7 — копирование (размножение) ближайшего слева от курсора символа в строке вправо до 71 позиции включительно, ПФ8 — табуляцию в позиции 10, 20, 30 и т. д., ПФ9 — обмен символов, ПФ10 и ПФ11 — удаление символа и сдвиг в строке соответственно справа и слева; ПФ12 — вставку пробела и сдвиг в строке вправо, например для последующего (на месте пробела) ввода требуемого символа.

Клавиша «ДУБЛ» (дублирование) выполняет занесение символа в позицию экрана. Клавиша «МКТП» (метка конца поля) выполняет занесение символа > в позицию курсора. Клавиша «ВСТВ» (вставка) переводит дисплей в режим вставки. При этом включается лампочка «Режим вставки». При нажатии на требуемую алфавитно-цифровую клавишу в позицию курсора заносится соответствующий символ, а все символы, начиная с курсора и до первой свободной позиции, сдвигаются вправо на одну позицию. Курсор перемещается вправо в соседнюю позицию. Если в позиции курсора до начала операции находится нулевой символ, то сдвига данных не происходит. Если информация занимает более одной строки, то символ, занимающий последнюю позицию, сдвигается в первую позицию следующей строки. Отмена вставки осуществляется клавишей «СБРОС». Ниже приведено назначение клавиш:

Рис. 28. Информационные потоки системы PRIMUS:
1 — экран; *2* — клавиатура.

«ВЧРК» (вычеркивание) стирает символ в позиции курсора и перемещает остальной текст строки влево;

«СТРН ЭКР» (стирание экрана) стирает всю информацию и перемещает курсор в первую позицию экрана. Клавиатура блокируется и включается лампочка «ВВОД ЗАПРЕЩЕН»;

«СТРН ВВ» (стирание ввода) применяется для стирания всей информации и перемещения курсора в первую позицию экрана;

«СТРН КП» (стирание до конца поля) стирает информацию, начиная с позиции курсора и до конца экрана;

«СБРОС» (сброс) выполняет разблокировку клавиатуры и выход из режима вставки.

Подготовка текста задания на проектирование, например технологического процесса с применением специального программного комплекса, управление заданием и управление информационными модулями проектировщик осуществляет с помощью команд системы PRIMUS. Полный набор команд системы PRIMUS рассчитан также на проведение и системных работ. Информацию о всех командах можно получить, применив команду HELP.

Для выполнения проектирования ТП достаточно использовать ограниченный набор команд. На рис. 28 показаны информационные потоки, инициируемые командами системы PRIMUS при проектировании.

Информация при проектировании может размещаться на экране дисплея, в рабочем наборе данных (РНД), в личном наборе данных (ЛНД) и в оперативной памяти ЭВМ в процессе проектирования.

РНД на рис. 28 условно показан как «буфер» дисплея. Фактически РНД — некоторая область, выделяемая пользователю операционной системой на рабочем пакете магнитных дисков. Информация, занесенная в РНД доступна широким сервисным возможностям редактирования с помощью команды CORR (включая вставки и удаление строк, замены по контексту и т. д.), однако ее сохранность зависит от надежности работы ЭВМ и, как правило, утрачивается при машинных сбоях и перезагрузках операционной системы.

Для длительного хранения информация заносится в ЛНД на пакет магнитных дисков, имеющий собственное имя, например «SAPRTM», и библиотечную структуру хранения информации. При этом ЛНД является фрагментом (разделом) некоторой библиотеки. Например, ЛНД, который хранится в некоторой библиотеке «M1PK1» в разделе «A1» имеет полное имя «M1PK1(A1)». Другой ЛНД, хранящийся в разделе A2 той же библиотеки — «M1PK1(A2)» и т. п.

Начало сеанса работы с системой PRIMUS обеспечивается нажатием клавиши «ВВОД» (<ВВ>) и указания пользователем на запросы системы соответствующих реквизитов. После получения доступа к системе и вывода на экран приглашения «ПОСЫЛАЙТЕ КОМАНДУ» целесообразно указать имя тома (пакета магнитных дисков), с библиотеками которого будет производиться обмен (считывание, запись, редактирование, загрузка в ОП) информацией, применив команду DVOL. Например:

ПОСЫЛАЙТЕ КОМАНДУ

DVOL ␣ SAPRTM <ВВ>

Для ввода новой информации с предварительной очисткой РНД применяется команда INPT:

ПОСЫЛАЙТЕ КОМАНДУ

INPT <ВВ>

Аналогичное действие обеспечивает и команда CORR, если она подается в начале сеанса:

ПОСЫЛАЙТЕ КОМАНДУ

CORR <ВВ>

При этом на экране в верхней его части выводится индикация разметки позиций строки, а курсор устанавливается в первой позиции первой рабочей строки. После заполнения всех строк экрана и нажатия на <ВВ> обеспечивается сдвиг текста вверх. Последняя строка экрана занимает положение первой и имеется возможность продолжить ввод и т. д. Для завершения ввода после двукратного нажатия <ВВ> курсор автоматически смещается в командное положение в левом верхнем углу экрана. Далее вводится команда Е:

ПОСЫЛАЙТЕ КОМАНДУ

Е<ВВ>

Команда CORR в отличие от INPT, кроме произвольных замен в пределах введенных строк (без изменения их числа), позволяет также изменять количество строк, осуществлять поиск по заданному контексту, замену по заданному контексту, удаление некоторого количества строк и вставку их в новом (новых) месте (местах).

Замены в тексте без изменения числа строк производятся перемещением курса

в требуемую позицию экрана и ввода соответствующего символа. При необходимости применяются клавиши ПФ10 (для удаления) или ПФ12 (для вставки).

Однако следует помнить, что первоначально замены производятся лишь на экране. Замены в РНД производятся только после нажатия <ВВ> и лишь информации в строках, расположенных выше курсора. Следовательно, редактирование целесообразно вести, последовательно опускаясь по строкам, а при необходимости вернуться в верхние строки следует вначале нажать <ВВ>. Курсор при этом автоматически вернется в командную позицию.

Перелистывание страниц (по 24 строки) экрана производится нажатием <ВВ>. Для перелистывания в обратном направлении используется подкоманда «—». Допустим сдвиг текста не только по страницам, но и на заданное количество строк с помощью подкоманд «+» и «—». Например, после подкоманды +15 <ВВ> текст смещается в прямом направлении на 15 строк, а после подкоманды —150 возвращается на 150 строк назад.

Для удаления строк применяется подкоманда «D*n*», где *n* — количество удаляемых строк (по умолчанию *n* = 1). После указания, например D3, курсор следует с помощью клавиш ↑, ↓, →, ← установить над первой удаляемой строкой и нажать <ВВ>. Будет удалено 3 строки, при D5 — 5 строк и т. п.

Для вставки новых строк применяется подкоманда 1. После указания в командной позиции курсора 1, его смещают, устанавливая над строкой, за которой следует вводить новый текст, и нажимают <ВВ>. Выделенная строка смещается в положение первой и предоставляется возможность ввода новых строк. Новое нажатие <ВВ> вновь смещает последнюю строку в позицию первой и т. д. Двукратным нажатием <ВВ> прекращается вставка и смещается курсор в командную позицию. Разновидность подкоманды 1 — подкоманда 1⌴* позволяет вставлять ранее удаленные подкомандой D строки в произвольном месте текста. Поиск требуемого места для вставки, просмотра или редактирования производится перелистыванием, смещением его или с помощью поиска по «контексту» (подкоманда F): F⌴ контекст <ВВ>.

Подкоманда С позволяет осуществить замену по «контексту»: С⌴ старый контекст новый контекст, N. Здесь N — количество замен. При необходимости замены в пределах всего текста указывают ALL.

Например, при необходимости заменить имя тома PPOEKT на SAPRTM во всех строках задания на проектирование следует указать:

C = PPOEKT, SAPRTM, ALL <ВВ>

Завершение работы с командой CORR:

E <ВВ>

Для занесения информации из РНД в ЛНД применяется команда АЕ. Например, при желании занести информацию в раздел А1 библиотеки М1РК1 следует указать:

ПОСЫЛАЙТЕ КОМАНДУ

SAVE ⌴ M1PK1(A1) <ВВ>

Команда считывания информации из ЛНД в РНД — COPY. Так, при тех же реквизитах ЛНД используют вариант

ПОСЫЛАЙТЕ КОМАНДУ

COPY ⌴ M1PK1(A1) <ВВ>

Для получения распечатки информации служит команда PRNT. При этом вариант

ПОСЫЛАЙТЕ КОМАНДУ

PRNT <ВВ>

выводит листинг из РНД, а вариант

ПОСЫЛАЙТЕ КОМАНДУ

PRNT имя ЛНД <ВВ>

непосредственно из указанного ЛНД.

Загрузка задания в оперативную память ЭВМ осуществляется командой START либо равносильной ей командой EXEC. Информацию о состоянии загруженного задания, этапах его прохождения пользователь имеет возможность получить по командам DJOB, D ⌴ A, D ⌴ Q, D ⌴ N.

Команда DJOB «имя задания» обеспечивает информацию о состоянии задания. На экран выводится сообщение о входном классе, по которому зарегистрировано задание, его приоритете и положении в конкретной очереди по этому классу. Если задание в данный момент находится в числе активных, т. е. выполняется, то выводится сообщение:

JOB SELECTED

Команда D ⌴ A обеспечивает просмотр списка активных заданий. Для каждого активного задания указывается его имя (присвоенное проектировщиком в первой строке управляющей программы, т. е. в операторе JOB языка управления заданием ОС ЕС), имя шага, на котором находится это задание, адрес начала и конца занимаемой области ОП, а также объем используемой ОП в области системных очередей (SQA). Возврат из команды D ⌴ A на уровень ПОСЫЛАЙТЕ КОМАНДУ осуществляют с помощью подкоманды E <ВВ>.

Команда D ⌴ Q обеспечивает информацию о состоянии очередей заданий. Выводятся: имя входного класса, число заданий в данной очереди, состояние заданий или очереди.

Команда D ⌴ N обеспечивает информацию о заданиях, находящихся в очередях на выполнение во входных классах, а также список выполненных заданий, результаты которых находятся в выходных классах. Так, сообщение

JOB A SHL 1F1 SHL 1F2

SOUTP SWERL TVAL

свидетельствует о том, что задания SHL 1F1 и SHL 1F2 ожидают загрузки на выполнение по классу A, при этом SHL 1F1 будет выполняться раньше, а задания SWERL и TVAL выполнены и их результаты находятся в классе P и могут быть обработаны пользователем с помощью команды SOUT.

При применении команды SOUT даются сигналы:

ПОСЫЛАЙТЕ КОМАНДУ

SOUT имя задания <ВВ>

На экран выводится информационная таблица с нумерованными элементами, где каждый элемент описывает DD-предложение, в котором предписывается вывод данных в выходной класс. Например, если исходный текст программы написан на языке Фортран и в нем применялись операторы WRITE (3, ...), PRINT, WRITE (7, ...), то на экран будет выведена таблица:

1. FTØ3FØØ1
2. FTØ6FØØ1
3. FTØ7FØØ1

а также меню для пользователя о возможных его действиях (подкомандах). Так, подкоманды L ⌴ 1 <ВВ>, L ⌴ 2 <ВВ>, L ⌴ 3<ВВ> позволяют просматривать на экране соответственно первый, второй и третий наборы данных, а H ⌴ 1 <ВВ>, H ⌴ 2 <ВВ> и H ⌴ 3 <ВВ> — вывод их содержимого на бумагу (получение листингов). Подкоманда E позволяет перейти к завершению работы с командой SOUT. При этом на экран выводится новое меню для пользователя: H <ВВ> — распечатать все наборы данных и удалить их из класса вывода; C <ВВ> — удалить наборы без распечатки; <ВВ> — сохранить наборы.

После выполнения любой из подкоманд происходит прекращение обработки команды SOUT и обеспечивается выход на командный уровень:

ПОСЫЛАЙТЕ КОМАНДУ

Команда CONT обеспечивает возможность работы с библиотекой личных наборов данных:

CONT имя библиотеки <ВВ>

Эта команда выводит на экран имена разделов заданной библиотеки. По ней допустим просмотр содержимого любого раздела. Для просмотра перед именем раздела необходимо занести символ * и нажать клавишу <ВВ>. После вывода на экран содержимого раздела допускается вносить замены в пределах имеющегося количества строк. Отличие по этому показателю от команды CORR состоит в том, что после каждого нажатия <ВВ> (после внесения изменений) на экране в верхней части выводится запрос Y/N (ДА?/НЕТ?). При подтверждении замены следует ответить Y <ВВ>, при отказе — N <ВВ>. Смещение по тексту раздела осуществляется либо листанием страниц в прямом направлении путем нажатия <ВВ>, либо указанием номера требуемой строки. Например, для смещения к строке 150 следует указать G15Ø <ВВ>, а для возврата к началу текста G1 <ВВ>.

Завершение просмотра раздела производят по подкоманде E <ВВ>. При просмотре оглавления библиотеки один из ее разделов может быть перенесен в РНД (аналог команде COPY). Для этого перед его именем необходимо занести символ < и нажать <ВВ>. Завершается просмотр каталога по подкоманде E <ВВ>.

Система PRIMUS позволяет производить сборку (составление) текста (информационного модуля) из ранее заготовленных ЛНД или их фрагментов. При этом ЛНД

могут храниться в разных библиотеках и разных томах. Сборка производится в РНД с помощью команды FROM. При необходимости сохранить имеющуюся информацию в РНД указывают:

ПОСЫЛАЙТЕ КОМАНДУ
FROM <BB>

при необходимости предварительно очистить РНД —

ПОСЫЛАЙТЕ КОМАНДУ
FROM ⌴ — <BB>

Команда FROM имеет восемь подкоманд с развитым синтаксисом.

1. Просмотр содержимого РНД или ЛНД:

<BB> — вывод следующей страницы; G [номер] — вывод страницы, начинающейся со строки, имеющей указанный номер; G [курсор] — вывод страницы, начинающейся со строки, отмеченной курсором; G S — переход к началу текста; G E — переход к концу текста; + [число] — сдвиг текста на указанное число строк вперед; — [число] — сдвиг текста на указанное число строк назад.

2. Поиск по контексту: F ⌴ контекст, номер позиции.

Поиск начинается со второй строки текущей страницы; на экран выводится новая страница, начинающаяся со строки с найденным контекстом.

При повторном поиске допускается контекст опускать, тогда поиск производится по ранее указанному контексту. Если при задании контекста номер позиции не указывался, производится поиск контекста во всех позициях строк текста. Если в контекст пользователь вносит пробелы, апострофы или запятые, то контекст необходимо заключать в апострофы, а апостроф контекста следует указать дважды.

Все отмеченные выше подкоманды аналогичны соответствующим подкомандам команд CORR и CONT.

3. Указание границ фрагмента текста ЛНД для его копирования в РНД:

Н [номер] — указание номера строки текста, с которой будет начинаться копируемый фрагмент. При этом пользователь должен знать номер строки; Н [курсор] — указание курсором строки текста, с которой будет начинаться копируемый фрагмент. При этом пользователь должен предварительно вывести на экран с помощью рассмотренных выше подкоманд страницу с нужной строкой, в командной позиции курсора ввести Н, переместить курсор к требуемой строке и нажать <BB>; К [номер] — указание номера строки текста, которой должен закончиться копируемый фрагмент; К [курсор] — указание курсором строки текста, которой должен закончиться копируемый фрагмент.

Указание конца фрагмента аналогично указанию его начала. Для визуального контроля в правой части экрана высвечивается информация о текущем назначении границ фрагмента (значения Н и К), а также положение метки М, указывающей место вставки в тексте РНД. В начальный момент просмотра ЛНД Н и К заданы по умолчанию: Н = S, а К = Е. Допускается границы фрагмента не указывать, тогда фрагментом будет весь текст ЛНД. Ранее установленные границы фрагмента могут быть изменены, в том числе и на исходные: Н ⌴ S — фрагмент начинается с первой строки ЛНД; Н ⌴ Е — состоит из одной последней строки ЛНД; К ⌴ S — состоит из одной первой строки ЛНД; К ⌴ Е — заканчивается последней строкой ЛНД.

4. Указание места для вставки нового фрагмента из ЛНД в текст, уже размещенный ранее любым способом в РНД; М [номер] — фрагмент размещен после строки с указанным номером; М [курсор] — размещен после строки, отмеченной курсором; М ⌴ S — размещен в начале РНД; М ⌴ Е — размещен в конце РНД.

При задании места по умолчанию фрагмент записывается в конец РНД.

5. Обращение к ЛНД:

L имя ЛНД. <BB> — на экран выводится первая страница заданного ЛНД; L <BB> — повторный переход к просмотру, указанному в предыдущей подкоманде ЛНД. Допускается указание только имени раздела или тома или только тома. Недостающие имена берутся из предыдущей подкоманды L или команды DVOL.

6. Копирование и вставка фрагмента ЛНД или РНД в РНД:

А ⌴ R — производится вставка фрагмента РНД; А ⌴ L — вставка фрагмента ЛНД.

7. Завершение работы с ЛНД и возврат к просмотру РНД:

W <BB>

8. Завершение работы с командой FROM:

Е <BB>. При этом производится возврат на командный уровень **ПОСЫЛАЙТЕ КОМАНДУ** системы PRIMUS.

Для завершения работы с системой служит команда:

ПОСЫЛАЙТЕ КОМАНДУ

END <BB>

Интерактивное проектирование круглошлифовальных операций реализуется на ЕС ЭВМ при применении программного комплекса SHLIF по методике КПИ. Комплекс SHLIF разработан Институтом технической кибернетики (ИТК) АН БССР. Все программные модули написаны на языке Фортран-IV. Программы функционируют в среде ОС ЕС ЭВМ. Для реализации программ необходимо 350 Кбайт основной памяти. Программный комплекс SHLIF при работе в пакетном режиме производит расчет оптимизированных режимов резания и технически обоснованных норм времени. Режимы резания оптимизируются при заданных параметрах абразивного инструмента, глубины срезаемого слоя и периода стойкости инструмента на базе степенных зависимостей [17]. Технически обоснованные нормы времени рассчитываются суммированием затрат времени на выполнение отдельных приемов и переходов. Выводные данные печатаются в виде операционной карты обработки резанием по форме 2 и 2А ГОСТ 3.1424—75. Подготовка задания на проектирование заключается в кодировании реквизитов операций, детали и переходов и представлении их в требуемой последовательности при использовании оговоренных разделителей. Реквизиты задания на проектирование располагаются в такой последовательности: сведения о детали, об операции, вспомогательных и основных переходах. В одном задании может быть описано произвольное число операций обработки различных деталей. Каждая операция может включать произвольное количество переходов. Структуру операции устанавливает проектировщик.

7. Инвентарные номера круглошлифовальных станков

Модель	Инвентарный номер	Состояние
3А151	8529	2
3Б151	4255	1
3А161	2148	3
3А164А	16 741	1

В зависимости от функционального назначения реквизиты подразделяются на текстовые и числовые переменные. Тип данных реквизита обозначается стоящим перед ним служебным символом (разделителем) «+» или «:». Символ «+» означает, что следующий за ним реквизит является текстовым, например обозначение марки материала, модели станка и т. п. Символ «:» означает, что следующий за ним реквизит является числовым, например диаметр шлифуемой поверхности, ее длина, ширина круга и т. п. Реквизиты числового типа записываются по обычным математическим правилам — с отделением дробной части запятой. Размерность задания чисел ограничивается семью цифрами. Конец строки обозначается символами «: >», а если она является последней в описании операции, то — «: <».

Общие сведения о детали описываются одной строкой, включающей 4 реквизита.

1. Номер детали — GND. Записывается в произвольном буквенно-цифровом виде как текстовая константа с разделительным символом «+». Длина обозначения — не более 4-х символов.

2. Обозначение марки материала детали — MMD. Записывается в буквенно-цифровом виде с разделительным символом «+» кодированное обозначение марки материала, отличающееся от гостированного отсутствием слов «Сталь», «Чугун», «Бронза» и т. п. Например: +40Х; +СЧ 15-32; +30ХГС; +1Х18Н9Т; +БРАЖ9-4 и т. д. Но неверными будут соответственно записи: +40␣Х; +СЧ15-32; +30␣ХГС5+ +␣1Х18Н9Т; +БРАЖ␣9-4. Информационная база системы содержит сведения о 1400 марках наиболее применяемых материалов.

3. Указание массы детали — GDET. Значение массы записывается в числовом виде с разделителем «:». Например: :0,725; :15,2; :85.

4. Обозначение типа производства — TP*. Код типа производства записывается в числовом виде с разделителем «:». Значение TP* влияет на значение вспомогательного и подготовительно-заключительного времени. Реквизит TP* принимает следующие значения в зависимости от типа производства: «1» — единичное, «2» — мелкосерийное; «3» — серийное; «4» — крупносерийное; «5» — массовое.

Формальное описание строки общих сведений о детали имеет вид

+GND + MMD : GDET : TP*:>

Обязательный набор разделителей ($\Sigma_1 = 4$)

$$:2+ \wedge 3: \wedge 1$$

Пример описания строки общих сведений о детали с номером 44, изготовленной

из стали 30ХГС массой 14,3 кг в условиях массового производства:

$$+\ 44 + 30ХГС : 14{,}3 : 4 : >$$

Общие сведения об операции описываются одной строкой, включающей 14 реквизитов.

1. Номер цеха — GEN. Обозначение цеха записывается в текстовом виде с разделительным символом «+». Допустимая длина обозначения — до 4-х символов.
2. Номер участка — UCH. Записывается аналогично GEN.
3. Номер операции — GNOP. Также записывается аналогично GEN.
4. Модель станка — ST. Обозначение модели станка записывается в текстовом виде с разделителем «+». Допустимая длина обозначения — 8 символов.
5. Обозначение номера рабочего места (инвентарного номера станка) — GNINV. Обозначение записывается в цифровом виде с разделителем «:». Длина обозначения — не более 8 символов. Если задан инвентарный номер станка, то его модуль может не задаваться. В табл. 7 приведены инвентарные номера станков (фрагмент), сведения о которых хранятся в базе данных системы.
6. Состояние станка — SO*. Код состояния станка записывается в цифровом виде с разделителем «:», кодовое значение реквизита SO* принимает значения «1» — для новых станков; «2» — малоизношенных; «3» — среднеизношенных. При указании инвентарного номера станка в таблице состояние станка устанавливается по информации, занесенной в базу данных.
7. Число одновременно обрабатываемых деталей — CHOD. Указывается в цифровом коде с разделителем «:».
8. Число деталей в партии — CHDP. Указывается в цифровом коде с разделителем «:». Значение CHDP влияет на оценку вспомогательного времени на операцию.
9. Твердость материала детали — TVRD. Обозначение твердости материала детали записывается в буквенно-цифровом виде с разделителем «+» с указанием одного из параметров: число твердости по Бринеллю (например 276 HB), число твердости по Роквеллу (например 45 HRC), предел прочности на разрыв (например $\sigma_B = 100$ кгс/мм² кодируется SIGM1ØØ), диаметр отпечатка (например $d_о = 5$ мм кодируется +D5,0).
10. Группа обрабатываемости — GRMD. Код группы определяется и указывается в цифровом виде с разделителем «:». Реквизит GRMD принимает значение «1» для деталей, изготовленных из конструкционных углеродистых сталей и легированных хромом, никелем в сочетании с марганцем, кремнием, вольфрамом, титаном, а также инструментальных углеродистых и легированных марок: 20, 40, 45, 15Х, 20Х, 40Х, 18ХНВА, 18ХН2Н4А, ХВГ, 30ХГСНА, 30ХГТ, 38ХСА, 30ХГС, 38ХМЮА, 12ХМФ, 20ХМ, 40ХМВА, 15Х1М1Ф, ШХ15, У8, У10, У12 и близких к ним. Значение «2» принимается для деталей, изготовленных из конструкционных сталей, легированных хромом и никелем марок: 12ХН3А, 12Х2Н4А, 20ХН3А, 30ХН3А, 40ХНА, 40ХНМА и близких к ним. Значение «3» присваивают деталям из нержавеющих сталей 0Х13, 1Х13, 2Х13, 3Х13, 4Х13, Х14, Х17, Х25, Х18Н10Т, ХН35ВТ, Х20Н80Т3, 1Х12В2МФ, 15Х12ВМФ, Х15Н60, Н2002 и др. Значения «4» и «5» принимают для быстрорежущих сталей соответственно Р18, Р945 и Р9, Р6М5, Р6М5К5, Р18Ф2. Значение «6» принимается для чугунов и бронз.
11, 12. Дополнительные приемы на наладку приспособления — DP(1) и DP(2). Код приема определяется приемами наладки и записывается в цифровом виде с разделителем «:». Коды DP(1) или DP(2) принимают значения: «0» — при отсутствии наладки приспособления, «1» — при установке двух стоек, «2» — при установке промежуточной стойки, «3» — при установке и снятии круглого стола, «4» — при установке и снятии алмазного карандаша для правки круга, «5» — при повороте шпиндельной бабки на заданный угол с возвратом в первоначальное положение, «6» — при установке и снятии домкрата, «7» — при установке и снятии распорки, «8» — при настройке делительной головки.
13. Признак скоростного шлифования — PSSH. Указание производится в цифровом виде с разделителем «:». Реквизит PSSH принимает значения: 1 — при скорости вращения круга до 35 м/сек; 2 — при скорости вращения круга до 50 м/сек.
14. Разряд работы — RR. Разряд выполняемой на данной операции работы, например 3, записывается в цифровом коде с разделителем «:». При указании нулевого значения расценка не вычисляется.

Формальное описание строки общих сведений на операцию имеет вид

+ GEN + UCH + GNOP + ST : GNINV : SO : CHOD : CHDP + TVRD :

GRMD : DP(1) : DP(2) : PSSH : RR : >

Обязательный набор разделителей ($\Sigma_2 = 16$):

4 + ∧ 4 : ∧ 1 + ∧ 6 : ∧ 1 >

Пример строки описания общих сведений на операцию, выполняемую в цехе № 100, на участке 5, с номером 2, при применении станка модели 3Б151 (инвентарный номер 536435), находящемся в малоизношенном состоянии, при числе одновременно обрабатываемых поверхностей, равном 1, числе деталей в партии — 100 шт. с твердостью материала детали — *HRC* 50, при соответствии материала детали (сталь 30ХГС) группе с кодом обрабатываемости 1, использовании двух приемов наладки приспособления с кодами 1 и 4, шлифовании со скоростью до 50 м/сек и разряде работ 3 имеет вид

+ 100 + 5 + 2 + 3Б151 : 536435 : 2 : 1 : 100 + HP C50 : 1 : 4 : 2 : 3>

Сведения о режущем инструменте описываются одной строкой, включающей 5 реквизитов, каждый из которых представляется в цифровом виде с разделителем «:».

1. Первые четыре цифры (ORIN1) берут из восьмизначного общесоюзного кода обозначения шлифовального круга по ГОСТ 2424—75. Значения реквизита ORIN1 приведены в табл. 8.

8. Параметры шлифовальных кругов, занесенных в базу данных

Тип шлифовального круга ПП	Обозначение		Диаметр DIN**, мм	Ширина BIN*, мм
	ORIN 1	ORIN 2		
ГОСТ 2424—75	2700	0585	450	63
	2700	06111	500	63
	2700	0626	600	50
	2700	0627	600	63
	2700	0644	750	80
	2700	0645	750	100
ГОСТ 2424—75	2701	0065	400	40
	2701	0066	400	50
	2701	0068	500	63
	2701	0069	500	80
	2701	0072	600	50
	2701	0073	600	63

2. Вторые четыре цифры (ORIN2) берут из восьмизначного общесоюзного кода обозначения шлифовального круга по ГОСТ 2424—75. Значения реквизита ORIN2 приведены в табл. 8.

3. Обозначение твердости круга — ТК. Кодируется по табл. 9.

4. Указание диаметра шлифовального круга — DIN**, задаваемое в миллиметрах. Для шлифовальных кругов, занесенных в базу данных (табл. 8), допускается указывать нулевое значение (0).

5. Указание ширины шлифовального круга — BIN**, задаваемой в миллиметрах. Для шлифовальных кругов, занесенных в базу данных (табл. 9), допускается указывать нулевое значение (0).

Формальное представление строки описания сведения о режущем инструменте имеет вид

: ORIN1 : ORIN2 : TK : DIN : BIN : >

Обязательный набор разделителей включает ($\Sigma_3 = 7$):

6 : ∧ 1 >

Пример описания сведений о режущем инструменте при применении шлифовального круга типа ПП, имеющего обозначение 2700—0627 по ГОСТ 2424—75 при твердости, соответствующей обозначению С1, имеет вид

: 2700 : 0627 : 31 : 600 : 63 : > или

: 2700 : 0627 : 31 : 0 : 0 : >

Сведения о вспомогательных переходах указываются в одной строке, включающей 9 реквизитов. Первые восемь реквизитов являются числовыми и указываются с разделителем «:», девятый реквизит — текстовый, указывается с разделителем «+».

1. Номер перехода — HIP. Указывается порядковый номер перехода, устанав-

ливаемый в пределах конкретной описываемой операции. Например, 1, 2, 3 и т. д. Максимальное общее количество переходов в одной операции не должно превышать 24.

2. Обозначение назначаемого вспомогательного перехода — VO. Код VO принимает значения: «1011» — установить и закрепить деталь, «1012» — установить и закрепить приспособление, «1021» — установить деталь, «1022» — установить приспособление, «1031» — открепить и снять деталь, «1032» — открепить и снять приспособление, «1041» — снять деталь, «1042» — снять приспособление, «1051» — переустановить деталь, «1052» — переустановить приспособление, «1061» — переустановить и закрепить деталь, «1062» — переустановить и закрепить приспособление.

9. Кодирование твердости шлифовальных кругов

Вид	Обозначение	Код ТК	Область применения
Мягкие	М1 М2 М3	11 12 13	Плоское шлифование торцем круга (на бакелитовой связке), периферией круга (на керамической связке); заточка и доводка инструмента из твердых сплавов и минералокерамики; шлифование закаленных углеродистых и легированных сталей; тонкое шлифование; резьбо- и зубошлифование, суперфиниширование; шлифование цветных металлов и сплавов
Среднемягкие	СМ1 СМ2	21 22	
Средние	С1 С2	31 32	Чистовое круглое наружное, внутреннее, бесцентровое и плоское шлифование деталей из закаленных сталей; шлифование крупных резьб; обдирочное шлифование торцем круга
Среднетвердые	СТ1 СТ2 СТ3	41 42 43	Круглое наружное, бесцентровое, профильное шлифование и резьбошлифование незакаленных углеродистых и легированных сталей и сплавов и других вязких материалов, плоское шлифование сегментными кругами; хонингование
Твердые	Т1 Т2	51 52	Обдирочное шлифование, шлифование профильных и прерывистых поверхностей; отрезные и зачистные работы; бесцентровое шлифование (ведущие круги); хонингование закаленных сталей
Весьма твердые	ВТ1 ВТ2	61 62	Силовое и обдирочное шлифование; правка абразивных кругов, шлифование шаров
Чрезвычайно твердые	ЧТ1 ЧТ2	71 72	

3. Указание способа установки детали — BD. Код BD принимает значения: «2» — при установке в трехкулачковом патроне консольно; «3» — в трехкулачковом патроне с поджатием центром задней бабки; «4» — в трехкулачковом патроне с поджатием центром задней бабки и в люнете; «6» — в 3-кулачковом патроне с опорой второго конца в неподвижном люнете; «10» — в центрах с надеванием или без надевания хомутика; «11» — в центрах и неподвижном люнете; «12» — на концевой оправке; «14» — на концевой гладкой или шлицевой оправке консольно; «15» — на концевой гладкой или шлицевой оправке с поджатием центром задней бабки; «16» — на разжимной концевой оправке; «17» — на резьбовой концевой оправке; «18» — в цанговом патроне консольно; «19» — в цанговом патроне с поджатием центром задней бабки; «32» — в специальном приспособлении на горизонтальной плоскости или призме; «33» — в специальном приспособлении на вертикальной плоскости или призме; «34» — в специальном приспособлении на горизонтальном пальце; «35» — в специальном приспособлении на вертикальном пальце; «36» — в специальном приспособ-

лении в горизонтальном отверстии; «37» — в специальном приспособлении в вертикальном отверстии; «38» — в специальном приспособлении на двух горизонтальных пальцах; «39» — в специальном приспособлении на двух вертикальных пальцах; «40» — в специальном приспособлении, устанавливаемом в центрах; «41» — в специальном приспособлении на удлиненном пальце.

4. Указание типа приспособления — BD1: 1, 2 — стационарное соответственно открытое и закрытое; 3, 4 — поворотное соответственно открытое и закрытое.

5. Указание способа закрепления детали — ZD: 1 — ключом патрона; 3 — разрезной втулкой; 4 — хомутиком с надеванием; 5 — хомутиком без надевания; 6 — самозажимным поводковым патроном; 7 — самозажимным хомутиком; 8 — при свободном надевании на оправку (вручную); 9 — при надевании на оправку с большим натягом (под прессом); 10 — гайкой с быстросъемной шайбой; 11 — гайкой с шайбой; 12 — разжимной оправкой; 13 — роликовым зажимом; 14 — гайкой; 24 — в специальном приспособлении без крепления; 26 — в специальном приспособлении рукояткой эксцентрикового или роликового зажима; 27 — в специальном приспособлении фасонной гайкой винтового зажима вручную; 28 — в специальном приспособлении гайкой винтового зажима с помощью ключа.

6. Указание способа подвода шлифовальной бабки — PRO: 1 — вращением маховика; 2 — рукояткой управления гидроцилиндром быстрого подвода.

7. Указание способа выверки заготовки — SWD: 0 — без выверки; 1 — по отметке мелом; 2 — по контуру необработанной поверхности; 3 — по разметочной риске на детали цилиндрической формы; 4 — по разметочной риске на детали фасонной формы; 5 — по рейсмусу; 6 — по индикатору.

8. Указание числа зажимов — CHZ. Дается в штуках.

9. Обозначение индекса приспособления — NPR. Производится по принятой на предприятии системе обозначения. Реквизит NPR записывается в буквенно-цифровом виде с разделителем «+». Длина записи не должна превышать 16 символов.

В конце строки описания вспомогательного перехода проставляются символы «: >», аналогично другим строкам задания на проектирование. Однако если описываемый переход является последним в операции, то строка завершается символами «: <».

Формальное представление строки описания вспомогательного перехода имеет вид

: HIP : VO : BD : BD1 : ZD : PRO : SWD : CHZ + NPR : > или <

Обязательный набор разделителей составляет ($\Sigma_4 = 11$):

8 : ∧ 1 + ∧ 1 : ∧ 1 > или <

Для вспомогательных переходов, описывающих снятие детали или приспособления, фактические значения назначаются только для первых двух реквизитов HIP ∧ VO, остальные задаются по умолчанию (Ø∨ + ␣).

Пример записи вспомогательного перехода, имеющего номер 1, описывающего установку и закрепление детали (VO = 1011): при установке детали в центрах с надеванием хомутика (BD = 10), оцениваемых как стационарное открытое приспособление (BD1 = 1), способе закрепления детали хомутиком с надеванием (ZD = 4), подводе и отводе шлифовальной бабки вращением маховика механизма подач (PRO = = 1), установке детали без выверки (SWD = 0), числе зажимов, равном единице (CHZ = 1), и индексе приспособления «315» (NPR = 315):

: 1 : 1011 : 10 : 1 : 4 : 1 : 0 : 1 + 315 : >

Исходные данные, характеризующие основной переход, записываются в четырех строках.

Первая строка описывает основные параметры (функциональные характеристики) перехода и содержит 9 реквизитов (первые восемь — цифровые, с разделителем «:», девятый реквизит — текстовой, с разделителем «+»).

1. Номер перехода — HIP. Указывается порядковый номер перехода при сквозной нумерации в пределах проектируемой операции, включаются как основные переходы, так и вспомогательные.

2. Обозначение вида обработки — VO: 31 — шлифовать; 32 — хонинговать; 33 — суперфинишировать; 34 — лапинговать; 35 — притереть; 37 — заточить; 38 — полировать.

3. Геометрическая форма поверхности обработки — GPO. Коды для поверхностей: 101 — цилиндрической; 102 — конической; 103 — фасонной; 104 — сферической; 105 — фаски; 106 — галтели; 111 — торца.

4. Припуск на сторону при шлифовании торца или на других поверхностях с радиальной или продольной подачей — GA. Припуск указывается в миллиметрах, например: 0,3; 0,5; 1; 1,2 и т. п.

5. Характеристика условий подвода и отвода инструмента — HY: 1 — без ограничений на проход; 2 — с ограничениями (упором) с одной стороны; 3 — с ограничениями (упорами) с двух сторон.

6. Длина шлифования — GL, указываемая в миллиметрах например: 85, 30; 120 и т. п.

7. Обрабатываемый диаметр или максимальный диаметр при обработке торца — DD, мм.

8. Минимальный диаметр при обработке торца — DD1, мм.

9. Высотный параметр шероховатости обрабатываемой поверхности LR. Указывается в общепринятом виде, например: RA = 0,8; RA = 0,4 и т. п.

Формальное описание первой строки реквизитов основного перехода имеет вид

: HIP : VO : GPO : GA : HY : GL : DD : DD1 + LR : >

Обязательный набор разделителей в строке ($\Sigma_5 = 11$) — 8:

$\wedge 1 + \wedge 1 : \wedge 1 >$

Пример задания первой строки перехода, имеющего номер 2 в составе операции и описывающего шлифование (VO = 31) цилиндрической поверхности (GPO = 101) при припуске на сторону 0,3 мм (GA = 0,3), ограничениях для подвода инструмента с одной стороны (HY = 2), длине шлифования, равной 85 мм (GL = 85), диаметре шлифуемой ступени, равном 32 мм (DD = 32), следовательно, DD1 = 0, а также при требованиях к шероховатости поверхности, соответствующих $Ra = 0{,}8$:

: 2 : 31 : 101 : 0,3 : 2 : 85 : 32 : 0 + RA0,8 : >

Вторая строка описания основного перехода содержит 7 реквизитов (первые шесть — цифровые, описываемые с разделителем «:», последний — текстовой, описываемый с разделением «+»).

1. Радиус сферы или галтели RGAL или угол уклона конической поверхности — AL, указываемые в миллиметрах и градусах.

2. Направление подачи — HPOD, принимающее кодовые значения: «1» — при шлифовании с продольной подачей; «2» — то же, с поперечной (радиальной); «4» — при шлифовании с подачей, направленной под углом к оси вращения.

3. Способ достижения размера — SDR, принимающий кодовые значения: «0» — при шлифовании «без выдерживания размера»; «1» — при шлифовании с предварительной наладкой на размер; «2» — при оценке размера обработки по лимбу; «3» — при шлифовании «до упора»; «6» — при шлифовании с предварительными примерами; «8» — с применением устройств активного контроля.

4. Первые четыре цифры общесоюзного кода измерительного инструмента — OIIN1, предназначенного для измерения диаметра поверхности.

5. Вторые четыре цифры общесоюзного кода измерительного инструмента — OIIN2. Параметры измерительных инструментов приведены в табл. 10.

Допускается реквизит OIIN1 описывать условным кодом: *1* — линейка; *3* — угломер универсальный; *9* — скоба односторонняя предельная; *10* — скоба двусторонняя предельная; *11* — скоба индикаторная; *12* — скоба рычажная (пассаметр); *13* — скоба пневматическая; *23* — калибр-втулка для проверки конусности на качку; *24* — калибр-втулка для проверки конусности по краске; *29* — микрометр; *30* — микрометр рычажный; *31* — штангенциркуль с C = 0,1 мм; *32* — штангенциркуль с C = 0,05 мм; *38* — индикатор для измерения погрешностей расположения; *39* — миниметр или микрокатор; *54* — образцы для визуального контроля шероховатости поверхности; *62* — устройство активного контроля; *66* — ротометр; *68* — оптиметр; *69* — оптикатор. При этом OIIN2 = 0.

6. Характеристика условий измерения — UI, принимающая значения: 1, 2 — соответственно при удобных и неудобных условиях измерения деталей жесткой конструкции; 3, 4 — соответственно при удобных и неудобных условиях измерения тонкостенных деталей.

7. Обозначение точности измеряемого размера — TOCH, задаваемое указанием квалитета ЕСДП с префиксом GIT либо указанием величины допуска в микрометрах с префиксом DEL, либо указанием класса точности ОСТ с префиксом TO. Например: + GIT7 или + DEL19 или + TO2. Формальное описание второй строки реквизитов основного перехода имеет вид

: RGAL : HPOD : SDR : OIIN1 : OIIN2 : UT + TOCH : >

10. Основные характеристики измерительных инструментов, занесенных в базу данных системы

Наименование	Цена деления, мм	Диапазон измерения, мм	Общесоюзный код
Штангенциркуль ШЦ-I ГОСТ 166—80	0,1	0—125	8511—0001
	0,1	0—125	8511—0002
	0,1	10—125	8511—0200
Штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 166—80	0,05	0—160	8511—0003
	0,1	0—160	8511—0004
	0,05	0—200	8511—0005
	0,05	0—250	8511—0006
Штангенциркуль ШЦ-II ГОСТ 166—80	0,05	10—170	8511—0201
	0,05	10—260	8511—0202
	0,1	10—260	8511—0203
Штангенциркуль ШЦ-III ГОСТ 266—80	0,05	0—200	8511—0009
	0,05	0—250	8511—0010
	0,1	0—315	8511—0011
		0—400	8511—0012
		0—500	8511—0013
		25—630	8511—0014
	0,1	250—800	8511—0015
		320—1000	8511—0016
		500—1250	8511—0017
		500—1600	8511—0018
		800—2000	8511—0019
Штангенциркуль ШЦ-III ГОСТ 166—80	0,1	10—410	8511—0204
	0,1	270—65Л	8511—0205
	0,05	0—160	8511—0007
	0,1	0—160	8511—0008
		0—25	8513—0001
		25—50	8513—0002
		50—75	8513—0003
		75—100	8513—0004
		100—125	8513—0005
		125—150	8513—0006
		150—175	8513—0007
		175—200	8513—0008
		100—225	8513—0009
Микрометр	0,01	225—250	8513—0010
ГОСТ 6507—78		250—275	8513—0011
		275—300	8513—0012
		300—400	8513—0013
		400—500	8513—0014
		500—600	8513—0015
		0—25	8516—0016
		25—50	8516—0017
		50—75	8516—0018
		75—100	8516—0019
		100—125	8516—0020

Обязательный набор разделителей ($\Sigma_6 = 8$):

$6 : \wedge 1 + \wedge 1 : \wedge 1 >$

Пример фактического описания второй строки реквизитов основного перехода при шлифовании цилиндрической поверхности (RGAL = 0) с продольной подачей (HPOD = = 1) при обеспечении требуемой точности по предварительным промерам (SDR = 6) с помощью индикаторной скобы (OIIN 1 = 8517; OIIN 2 = = 0001), при удобном измерении детали жесткой конструкции (UI = 1) и точности обрабатываемого размера по 7-му квалитету ЕСДП:

: 0 : 1 : 6 : 8517 : 0001 : 1 + GIT7 : >

Третья строка описания основного перехода предназначена для задания требований по точности второго размера поверхности — длины, а также инструмента для ее измерения. Строка содержит 6 реквизитов, аналогичных реквизитам первой и второй строки. В качестве 7-го реквизита указывается процент измеряемых деталей. Формальное описание третьей строки имеет вид

: OIIN3 : OIIN4 : DD : GL + TOCH : UI : GKPR : >

Пример описания третьей строки реквизитов основного перехода при параметрах, указанных выше, и задании процента проверяемых деталей по умолчанию (GKPR = = 0):

: 8517 : 0007 : 32 : 85 + GIT7 : 1 : 0 : >

Четвертая строка описания основного перехода содержит 7 реквизитов, полностью соответствующих третьей строке и предназначенных для описания, при необходимости, третьего размера поверхности или третьего измерительного инструмента. Кроме них строка содержит также три реквизита, с помощью которых могут быть заданы экспериментально установленные режимы обработки: GNTEX — частота

вращения детали, мин$^{-1}$; SPRM — величина продольной подачи; GPPM — величина поперечной минутной подачи или поперечной подачи на ход стола станка. Формальное описание четвертой строки имеет вид

: OIIN5 : OIIN6 : DD : GL + TOCH : UI : GKPR : GNTEX : SPRM : GPPM : >

Обязательный набор разделителей включает ($\Sigma_7 = 11$):

4 : ⋀ 1 + ⋀ 6 : ⋀ 1 >

При задании всех реквизитов по умолчанию строка имеет вид

: 0 : 0 : 0 : 0 + 0 : 0 : 0 : 0 : 0 : >

Тест-задание на проектирование операции круглого шлифования вала (рис. 29) с обозначением «1», изготовляемого из стали 30ХГС массой 14,3 кг в условиях массового производства приводится ниже.

Обработка производится в цехе № 10 на участке № 5, номер операции — 15, применяется станок модели 3Б151 с инвентарным номером 536435, находящийся в малоизношенном состоянии. Последовательно по одной поверхности (CHOD = 1) обрабатывается партия деталей объемом 100 шт. (CHDP = = 100). Поверхность заготовки имеет твердость 35 HRC при соответствии материала группе № 1 (GRMD = 1). При наладке станка применяются два приема с кодами DP(1) = 1 и DP(2) = 4. Шлифование проводится со скоростью до 50 м/сек (PSSH = 2). Работа соответствует третьему разряду (RR = 3).

Продолжение табл. 10

Наименование	Цена деления, мм	Диапазон измерения, мм	Общесоюзный код
Микрометр ГОСТ 6507—78	0,01	125—150	8516—0021
		150—175	8516—0022
		175—200	8516—0023
		200—225	8516—0024
		225—250	8516—0025
		250—275	8516—0026
		275—300	8516—0027
		300—400	8516—0028
		400—500	8516—0029
		500—600	8516—0030
Скоба рычажная (ГОСТ 11098—75)	0,002	0,25	8516—0001
		25—50	8516—0002
		50—75	8516—0003
		75—100	8516—0004
		100—125	8516—0005
		125—150	8516—0006
Скоба индикаторная (СИ ГОСТ 11098—75)	0,01	0—50	8517—0001
		50—100	8517—0002
		100—200	8517—0003
		200—300	8517—0004
		300—400	8517—0005
		400—500	8517—0006
		500—600	8517—0007
		600—700	8517—0008
		700—850	8517—0009
		850—1000	8517—0010
Линейка (ГОСТ 427—75)	1,0	1—150	8413—0001
	1,0	1—300	8413—0002
	1,0	1—5000	8413—0000

```
//SHLIF5 JOB MSGLEVEL = (2, Ø), MSGCLASS = P, CLASS = A
//JOBLIB DD DSN = LAB15.LLMEX, DISP = SHR,
//VOL = SER = SAPRTM, UNIT = SYSDA
//EXEC PGM = SHLI, REGION = 35ØK
//GO.FTØ3FØØ1 DD SYSOUT = P, DCB = RECFM = UA, SPACE = (CYL, (1Ø,1))
//GO.FTØ6FØØ1 DD SYSOUT = P
//GO.FTØ8FØØ1 DD DSNAME = LAB15.PASP, DISP = (SHR, KEEP),
//SPACE = (TRK, 6Ø), UNIT = SYSDA, VOL = SHR = SAPRTM
//GO.FTØ9FØØ1 DD DSNAME = LAB15.CLOBAR, DISP = (SHR, KEEP),
//UNIT = SYSDA, VOL = SER = SAPRTM
//GO.FT12FØØ1 DD DSNAME = LAB15.FFF, DISP = (SHR, KEEP),
//SPACE = (TRK, 8Ø), UNIT = SYSDA, VOL = SER = SAPRTM
//GO.FT1ØFØØ1 DD SPACE = (TRK, 4Ø,, CONTIG), UNIT = SYSDA
//GO.FTØ1FØØ1 DD*
1Ø
+1 + 3ØXГС : 14,3 : 4 : >
+1Ø + Ø5 + 15 + 3Б151 : 536435 : 2 : 1 : 1ØØ + HRC35 : 1 : 1 : 4 : 2 : 3 : >
: 27ØØ : Ø627 : 31 : 6ØØ : 63 : >
: 1 : 1Ø11 : 1Ø : 1 : 4 : 1 : Ø : 1 + 315 : >
: 2 : 31 : 1Ø1 : Ø,2 : 2 : 3Ø : 45 : Ø + RAØ,4 : >
```

```
: Ø : 1 : 6 : 8517 : ØØØ1 : 1 + GIT6 : >
: 8517 : ØØØ1 : 45 : 3Ø + GIT6 : 1 : Ø : >
: Ø : Ø : Ø : Ø + Ø : Ø : Ø : Ø : Ø : Ø : >
: 3 : 31 : 111 : Ø,3 : 2 : 4Ø : 145 : 65 + RAØ, 8 : >
: Ø : 1 : 6 : 8517 : ØØØ1 : 1 + GIT8 : >
: 8517 : ØØØ1 : 145 : 4Ø + GIT8 : 1 : Ø : >
: Ø : Ø : Ø : Ø + Ø : Ø : Ø : Ø : Ø : Ø : >
: 4 : 31 : 1Ø1 : Ø,3 : 2 : 4Ø : 5Ø : Ø + RAØ,8 : >
: Ø : 1 : 6 : 8517 : ØØØ1 : 1 + GIT8 : >
: 8517 : ØØØ1 : 5Ø : 4Ø + GIT8 : 1 : Ø : >
: Ø : Ø : Ø : Ø + Ø : Ø : Ø : Ø : Ø : Ø : >
: 5 : 1Ø31 : Ø : Ø : Ø : Ø : Ø : Ø + 315 : >
//
```

В качестве режущего инструмента применяется шлифовальный круг типа ПП, имеющий обозначение 2700—0627 по ГОСТ 2424—75 и соответствующий твердости С1 (ТК = 31). Диаметр круга — 600, ширина — 63 мм.

Проектируемая операция включает 5 переходов.

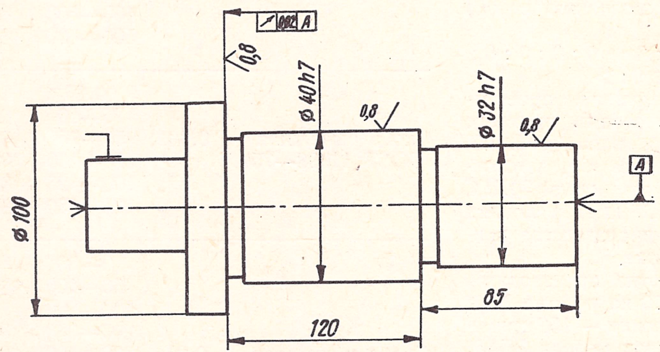


Рис. 29. Эскиз к примеру описания круглошлифовальной операции.

Переход № 1 (HIP = 1) предназначен для установки и закрепления детали (VO = 1011) в центрах с надеванием хомутика (BD = 10), оцениваемых как стационарное открытое приспособление (BD1 = 1, ZD = 4). Подвод шлифовальной бабки осуществляется вращением маховика механизма подач (PRO = 1), выверка заготовки при ее установке не производится (SWD = 0), число зажимов CHZ = 1, а индекс приспособления NPR — «315».

Переход № 2 (HIP = 2) — обработка цилиндрической поверхности (GPO = = 101) при припуске на сторону GA = 0,3 мм и ограничениях для подвода инструмента с одной стороны (HY = 2). Длина поверхности GL = 85 мм, ее диаметр DD = = 32 мм, DD1 = 0. Требования к шероховатости поверхности соответствуют Ra = = 0,8. Для цилиндрической поверхности RGAL = 0. Шлифование производится с продольной подачей (HPOD = 1) при обеспечении точности предварительными промерами (SDR = 6) с помощью индикаторной скобы 8517—0001 по ГОСТ 11098—75 с ценой деления 0,01 мм и диапазоне измерения от 0 до 50 мм при условии удобного измерения детали жесткой конструкции (UI = 1). Требования к точности обрабатываемого размера соответствуют 7-му квалитету ЕСДП, а GKPR = 0.

Переход № 3 (HIP = 3) предназначен для шлифования (VO = 31) торца (GPO = 111) при припуске GA = 0,5 мм, HY = 2. Длина шлифования GL = 30 мм определяется как половина разности максимального диаметра DD = 100 мм и минимального DD1 = 40 мм; Ra = 0,8 мкм. Остальные реквизиты перехода соответствуют реквизитам перехода № 2, только в качестве измерительного инструмента применен индикатор, указания о котором даны в кодовом обозначении (OIIN1 = 38).

Переход № 4 предназначен аналогично переходу № 2. Основные реквизиты имеют значения GL = 120 мм, DD = 40 мм.

Переход № 5 предназначен для снятия детали (VO = 1031).

Задание описано в 35 строках. Первые 16 строк и строка 35 — управляющая часть (программа) задания. В этих строках представлены операторы JOB, EXEC и

DD языка управления заданием (ЯУЗ) операционной системы ОС ЕС ЭВМ [3]. При этом в первой строке изменяемым (от задания к заданию) является только имя задания. В данном примере назначено: «МТ411». При необходимости также может быть заменен «входной класс задания». В данном примере назначено: «А» (CLASS = А).

Строки 2—16 являются фиксированными для конкретных условий эксплуатации. Строка 35 закрывает задание.

В строке 17 указано количество проектируемых в данном задании операций по правилу: ⌴⌴N⌴⌴Ø, где N — количество операций. В данном примере N = 1.

В строках 18—20 даны общие сведения об операции и детали; в строке 21 описан переход № 1 — вспомогательный переход «установить и закрепить детали»; в строках 22—33 — три основных перехода — № 2, 3, 4; в строке 34 — переход № 5 — вспомогательный переход «открепить и снять деталь».

Технология проектирования, разработанная в КПИ, ориентирована на непосредственный доступ проектировщика к ЕС ЭВМ. При этом с целью предупреждения случайных ошибок проектировщика и сокращения трудоемкости ввода исходной информации проектирование производится в два этапа. Анализ ошибок при проектировании показывает, что подавляющее их большинство связано с нарушением структуры реквизитов информационной модели (задания на проектирование). Последнее обстоятельство недопустимо для современных САПР, синтаксис языков которых, как правило, позиционный, т. е. функциональное назначение реквизита определяется его положением в соответствующей строке. Следовательно, при случайном нарушении структуры строки, например при пропуске разделителя реквизитов, нарушается смысловое содержание модели.

В то же время в условиях конкретного производства часто значительное количество реквизитов модели операции может иметь фиксированные значения. Последнее обстоятельство особенно ярко проявляется при широком применении групповой технологии и методов типизации.

Учитывая эти обстоятельства, на первом этапе проектирования описывается лишь структура операции. При этом указывается порядковый номер очередного перехода и его кодовое обозначение. Далее с помощью специализированного модуля синтезируется задание для проектирования операции в пакетном режиме, но с формально определенными реквизитами, значение которых в данных производственных условиях не может быть заранее определено и зафиксировано. Реквизитам приписываются конкретные значения.

Второй этап подготовки исходных данных позволяет проектировщику отредактировать задание на проектирование, указав фактические значения реквизитов, например, модель станка, материал детали, диаметры и длины обрабатываемых поверхностей, требования к точности и качеству поверхности после обработки и т. п.

Общий порядок проектирования при использовании системы PRIMUS с учетом того, что в распоряжении пользователя будут пакет магнитных дисков (том) с именем «SAPRTM», шаблон задания, фиксирующего структуру операции, хранится в ЛНД RREZ (SHLIF), а промежуточные результаты проектирования проектировщик предполагает размещать в библиотеке с именем MIPK, может быть описан следующим диалогом с ЕС ЭВМ:

ПОСЫЛАЙТЕ КОМАНДУ
DVOL⌴SAPRTM, <BB>
ПОСЫЛАЙТЕ КОМАНДУ
COPY⌴RREZ(SHLIF) <BB>
ПОСЫЛАЙТЕ КОМАНДУ
CORR <BB>

Первая применяемая команда фиксирует имя тома, вторая — обеспечивает копирование требуемого набора данных из ЛНД в РНД, третья — обеспечивает возможность редактирования. Образец копируемого набора данных приведен далее. Задачей редактирования при этом является «настройка» управляющей программы (строки 1—7) и фиксация структуры операции. В рассматриваемом примере описана структура операции для обработки детали (рис. 29). Операция тестового примера состоит из пяти переходов (строки 8—12). При настройке управляющей программы указывается имя задания (строка 1), например, указанное в шаблоне SHLIF? Заменяется на SHLIF1; а также указывается (строка 5) адрес размещения результата синтеза, т. е. имя ЛНД, где должен быть размещен текст, например ... DSN = MIPK.

После завершения редактирования шаблона текст задания желательно зафиксировать в томе, например в ЛНД MIPK (X1), задание загрузить в оперативную память для выполнения, а сам текст вывести на бумагу:

ПОСЫЛАЙТЕ КОМАНДУ

SAVE␣MIPK(X1) <BB>

ПОСЫЛАЙТЕ КОМАНДУ

EXEC <BB>

ПОСЫЛАЙТЕ КОМАНДУ

PRNT

При нормальном завершении работы задания (затраты чистого процессорного времени составляют около 0,2 с) в библиотеке WWI в разделе SHLIF4 размещается текст задания на проектирование операции обработки типовой детали, но с формальным описанием реквизитов технологической системы:

```
//SHLIF1 JOB, 'WWI', MSGLEVEL = (2,Ø), MSGCLASS = P, CLASS = A
//EXEC PGM = SHLIF
//STEPLIB DD UNIT = SYSDA, VOL = SER = SAPRTM, DISP = SHR,
//DSN = DIALOG
FTØ6FØØ1 DD UNIT = SYSDA, VOL = SER = SAPRTM, DISP = SHR,
//DSN = WWI (SHLIF4), LABEL = (,,,OUT)
//FTØ5ØØ1 DD*
1 1Ø11
2 1Ø1
3 111
4 1Ø1
5 1Ø31
/*
//
```

Обозначения реквизитов в тексте задания соответствуют принятым ранее. При редактировании они должны быть заменены фактическими значениями. Кроме того, формальное описание имени задания (строка 1) должно быть заменено фактическим, например SHLIF5:

```
//????? JOB MSGLEVEL = (2,Ø), MSGCLASS = P, CLASS = A
//JOBLIB DD DSN = LAB15.LLMEX, DISP = SHR,
//VOL = SER = SAPRTM, UNIT = SYSDA
//EXEC PGM = SHLI, REGION = 35ØK
//GO.FTØ3FØØ1 DD SYSOUT = P, DCB = RECFM = UA, SPACE = (CYL, (1Ø, 1))
//GO.FTØ6FØØ1 DD SYSOUT = P
//GO.FTØ8FØØ1 DD DSNAME = LAB15.PASP, DISP = (SHR, KEEP),
//SPACE = (TRK, 6Ø), UNIT = SYSDA, VOL = SER = SAPRTM
//GO.FTØ9FØØ1 DD DSNAME = LAB15.CLOBAR, DISP = (SHR, KEEP),
//UNIT = SYSDA, VOL = SER = SAPRTM
//GO.FT12FØØ1 DD DSNAME = LAB15.FFF, DISP = (SHR, KEEP),
//SPACE = (TRK, 8Ø), UNIT = SYSDA, VOL = SER = SAPRTM
//GO.FT1ØFØØ1 DD DSNAME = LAB15.MARK, DISP = (SHR, KEEP),
//UNIT = SYSDA, VOL = SER = SAPRTM
//GO.FT11FØØ1 DD SPACE = (TRK, 4Ø,, CONTIG), UNIT = SYSDA
//GO.FTØ1FØØ1 DD *
N Ø
+ GND + MMD : GDET : 4 : >
+ CEH + UCH + GNOP + ST : GNINV : 2 : 1 : CNDP : HRC : 1 : 1 : 4 : 2 : 3 : >
: 27ØØ : Ø627 : 31 : 6ØØ : 63 : >
: 1 : 1Ø11 : 1Ø : 1 : 4 : 1 : Ø : 1 + 315 : >
: 2 : 31 : 1Ø1 : GA : 2 : GL : DD : Ø : RA : >
: Ø : 1 : 6 : 8517 : ØØØ1 : 1 + GIT : >
: 8517 : ØØØ1 : DD : GL + GIT : 1 : Ø : >
: Ø : Ø : Ø : Ø + Ø : Ø : Ø : Ø : Ø : Ø : >
: 3 : 31 : 111 : GA : 2 : GL : DD : DD1 + RA : >
: Ø : 1 : 6 : 8517 : ØØØ1 : 1 + GIT : >
: 8517 : ØØØ1 : DD : GL + GIT : 1 : Ø : >
: Ø : Ø : Ø : Ø + Ø : Ø : Ø : Ø : Ø : Ø : >
: 4 : 31 : 1Ø1 : GA : 2 : GL : DD : Ø + RA : >
: Ø : 1 : 6 : 8517 : ØØØ1 : 1 + GIT : >
: 8517 : ØØØ1 : DD : GL + GIT : 1 : Ø : >
: Ø : Ø : Ø : Ø + Ø : Ø : Ø : Ø : Ø : Ø : >
: 5 : 1Ø31 : Ø : Ø : Ø : Ø : Ø : Ø + 315 : >
//
```

На втором этапе подготовки исходных данных используются те же команды системы PRIMUS: COPY␣MIPK(X2), CORR, SAVE␣MIPK(X3), EXEC, PRNT. Для анализа состояния задания применяют команды D␣A и D␣N. После завершения про-

ектирования (затраты чистого процессорного времени на решение тестовой задачи около 1 мин 25 сек) с помощью команды SOUT может быть организован вывод результатов проектирования операции на экран дисплея для просмотра или фиксация результата на бумаге в виде гостированной операционной карты с указанием оптимизированных режимов резания и параметров наладки заданной модели станка, а также техническими нормативами, представляемыми как поэтапно, так и в итоговом виде как: время основное (ТО), время вспомогательное (ТВ), время штучное (ТШТ) и время штучно-калькуляционное (ТШТК).

Другими примерами интерактивных систем, реализующих автоматизированное проектирование на ЕС ЭВМ технологических операций механообработки, аналогичных изложенной выше, являются системы, использующие программные комплексы SWERL, FREZ и SPRUT.

Программный комплекс SWERL предназначен для проектирования операций, выполняемых на станках сверлильной группы, комплекс FREZ — фрезерной.

Программный комплекс SPRUT (система проектирования технологических процессов изготовления деталей) разработан СКТБ совместно с опытным производством Института технической кибернетики АН БССР.

Комплекс предусматривает проектирование операций, выполняемых на универсальных и специальных металлорежущих станках всех типов. Форма и материал детали также не регламентированы. При интерактивном задании проектировщиком сведений о структуре каждой операции и основных параметров технологической системы результатом проектирования являются: описание маршрутного технологического процесса в МК, описание операционного технологического процесса в ОК, ведомость оснастки, сводные данные расчетов нормативных показателей для каждой операции.

АЛГОРИТМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Алгоритмические системы автоматизированного проектирования являются специализированными системами, ориентированными на проектирование при соблюдении заданных ограничений. Программные комплексы таких систем фиксируют некоторый объем накопленного производственного опыта и знаний. В качестве математического аппарата наиболее часто применяются табличные, сочетательные, перестановочные, сетевые или графовые модели. Проектирование в таких системах осуществляется в «пакетном» режиме с предварительной подготовкой исходных данных.

По минимуму объема описания исходных данных алгоритмические системы имеют значительные преимущества перед интерактивными, так как в первых значительное количество решений принимается алгоритмически. Так, при проектировании технологических процессов или технологической оснастки в исходных данных этих систем описывается, как правило, лишь конструкция детали при полном отсутствии или при минимуме описания самого технологического процесса либо проектируемого приспособления. Количество возможных вариантов решений конкретной задачи в таких системах резко ограничено, наиболее часто проектируется лишь один вариант. Но малый объем исходных данных и небольшие затраты машинного времени на проектирование обеспечивают высокую эффективность применения таких систем в промышленности.

Система автоматизированного проектирования технологических процессов «САПР-Т» разработана в Одесском НПО «Кислородмаш». САПР-Т предназначена для автоматизации технологической подготовки и механообработки; может быть использована на предприятиях многономенклатурного производства. Результатом проектирования являются маршрутный технологический и операционный технологический процессы.

Лингвистическое обеспечение системы позволяет описать в исходных данных на проектирование информацию о детали, реквизитах ее поверхностей, группах и комплексах поверхностей, о средствах (станках, приспособлениях, инструментах) производства.

Программное обеспечение включает программные модули для создания и обслуживания информационной базы, а также для реализации отдельных этапов синтеза технологического процесса. САПР-Т реализуется на ЕС ЭВМ. Метод проектирования основывается на единицах технологических решений, в которых зафиксирован рациональный технологический опыт.

Основной информационной единицей лингвистического обеспечения является описание поверхности детали. Деталь описывается набором кодов, а средства производства — пределами кодов поверхностей, реализуемых на них.

Объекты и средства производства в общем виде описываются высказыванием (кодом) вида

$$П = \{X_1, X_2, \ldots, X_n\},$$

где П — код понятия, описывающего характеристику поверхности; $X_1, X_2, \ldots, X_n$ — коды понятий, описывающих отдельные элементы характеристики поверхности.

Ситуационные связи между элементами в высказывании выражаются путем закрепления за их позициями определенной функциональной роли. Структура кода включает шесть реквизитов (рис. 30).

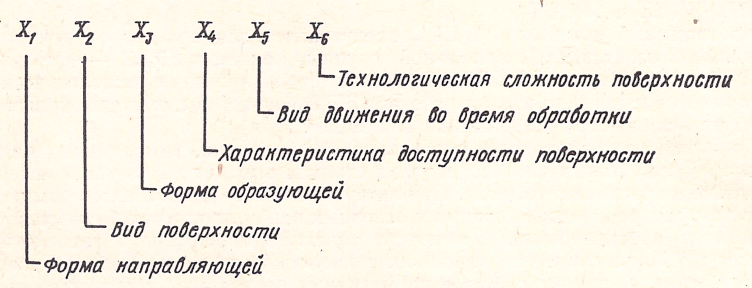


Рис. 30. Структура кода описания поверхности.

Алгоритм проектирования реализует упорядочение поверхностей детали в порядке их технологической выполнимости, а также выбор средств производства (оборудования, приспособления, инструмента) на проектируемый технологический процесс.

При проектировании подготовка исходных данных осуществляется заполнением специальных таблиц. Далее информация переносится на машинный носитель и вводится в ЭВМ.

Описания деталей хранятся на магнитном диске в виде файла. Допускается добавление к файлу нового описания либо исключение из него соответствующего описания. Нормативно-справочная информация хранится в файлах: технологические потенциалы отдельных металлорежущих станков, технологические потенциалы нормализованных приспособлений, технологические потенциалы методов химико-термической обработки, содержание и условное обозначение переходов, применяемость режущего и вспомогательного инструмента; применяемость мерительного инструмента.

Пакет прикладных программ, реализующих синтез ТП, обеспечивает ввод и синтаксический контроль задания на проектирование, упорядочение поверхностей в порядке технологической выполнимости, выбор оборудования, сортировку операций, слияние шапок и строк операций, выбор нормализованных приспособлений, выбор переходов, выбор режущего и вспомогательного инструмента, выбор мерительного инструмента, печать операционной карты ТП, печать маршрутной карты ТП.

Сервисные возможности пакета позволяют также обеспечивать: корректировку описания исходных данных; распечатку исходных данных описанных деталей; распечатку каталога описаний; формирование файлов технологических потенциалов металлорежущих станков и нормализованных приспособлений; формирование файла химико-технологических операций; формирование файлов переходов, режущего, вспомогательного и мерительного инструмента; упорядочение файла нормализованных приспособлений; упорядочение файла переходов, режущего, вспомогательного и мерительного инструмента.

П р о г р а м м н ы й к о м п л е к с «Т е х н о л о г и я — в а л» разработан Специальным конструкторско-технологическим бюро с опытным производством Института технической кибернетики АН БССР. Программный комплекс предназначен для автоматизированного проектирования технологических процессов изготовления в условиях единичного и мелкосерийного производства деталей типа «тела вращения»: валов, шпинделей, осей, винтов, оправок, цилиндров, поршней, ходовых винтов, корпусов и т. д.

Исходные данные на проектирование описывают чертеж детали, а также информацию о количестве деталей в партии запуска, шифр группы деталей и номер партии.

Описание чертежа детали (информационная модель) состоит из массива общих сведений и комплекса массивов описания поверхностей детали. В массиве общих сведений указываются масса детали, требования к термообработке заготовки и детали, требования к насыщению и покрытию поверхностей, требования к точности обработки свободных размеров и шероховатости остальных поверхностей, обозначение, наименование и материал детали.

Понятие «поверхность» имеет технологическое, а не геометрическое значение. Так, канавки, пазы, резьбы описываются как одна поверхность. При этом указываются только сведения, содержащиеся в чертеже детали: диаметр, допускаемые отклонения, длина, шероховатость и т. д. Полный перечень кодов (четыре цифры, предусмотренных для описания) поверхностей содержит 204 записи. Поверхности разбиты на шесть групп: вращения, плоские, винтовые, многозубые, линейчастые, комплексные (центровые гнезда, накатка, рифления, штрихи, шкалы).

Все числовые реквизиты задаются в формате целого числа: размеры — в микрометрах, масса — в граммах. Последнее, наряду с другими особенностями, обеспечивает высокую производительность проектирования. Так, затраты чистого процессорного времени на проектирование на ЕС1036 технологического процесса детали типа шпиндель металлорежущего станка составляют около 1 мин.

Результатом проектирования являются: информация о первичной заготовке с расчетом ее массы и пронормированный технологический процесс ее получения; эскиз кузнечной обработки заготовки; эскиз черновой токарной операции; маршрутно-операционное описание ТП обработки детали, выполненное в маршрутных картах ТП, которое детализируется до уровня перехода с расчетом промежуточных размеров обрабатываемых поверхностей. Производятся также выбор оборудования для каждой операции, оценка разряда работы, вида нормы, нормирование с расчетом подготовительно-заключительного и штучного времени. Параллельно определяется и соответствующая расценка работ по каждой операции.

Комплекс программ проектирования технологических процессов обработки базовых деталей шпиндельных коробок (разработка ИТК АН БССР). Пакет обеспечивает определение состава и последовательности выполнения операций по обработке корпуса крышки и плиты шпиндельной коробки, выбор оборудования, определение разряда работы и нормы времени на выполнение операциий.

Пакет используется для конструирования шпиндельной коробки, ее вычерчивания, подготовки управляющих программ изготовления деталей на обрабатывающих центрах с числовым программным управлением и проектирования технологических процессов.

Исходными данными для проектирования технологического процесса являются сведения для вычерчивания шпиндельной коробки, полученные при конструировании. Технологические регламенты, используемые для принятия решений при проектировании маршрута и операции, базируются на принципах типизации. В результате проектирования получают маршрутные листы черновой и чистовой обработки корпуса, крышки и плиты, содержащие код технологической операции по типовому процессу, ее наименование, разряд работы, норму подготовительно-заключительного и штучного времени. Комплект документации на одну шпиндельную коробку содержит не менее 6 листов А4. Среднее время проектирования комплекта документации на ЭВМ составляет около 3 мин, при традиционном проектировании — 3 ч.

Комплексная система автоматизированного конструирования и технологической подготовки производства приспособлений (разработка ИТК АН БССР). Предназначена для автоматизации конструирования, вычерчивания, технологической подготовки производства и программирования, обработки на станке с ЧПУ приспособлений для сверления отверстий, расположенных на плоских участках деталей. Она включает подсистемы:

«Вход», которая обрабатывает файл входного задания и строит каноническую модель обрабатываемой детали и оснащаемой технологической операции;

«Синтез» — обеспечивает построение конструкций приспособлений в виде цифровых информационных моделей;

«Документирование» — обрабатывает цифровую модель конструкции, формирует и выдает спецификацию, сборочный и рабочие чертежи приспособления;

«Технолог» — обрабатывает цифровую модель конструкции, проектирует технологию изготовления специальных деталей приспособления, осуществляет нормирование труда рабочих, выдает технологические документы (маршрутную, комплектовочную карты, ведомости заготовок и затрат);

«Изготовление» — обеспечивает синтез управляющих программ для изготовления отверстий в кондукторных плитах на координатно-расточных станках с ЧПУ.

Система использует информационное поле библиотеки конструктивных элементов. Внедрение системы сокращает время проектирования в 8—10 раз и снижает его стоимость в 7—8 раз. Одновременно повышается уровень нормализации конструкций.

Программный комплекс «Автоштамп-ЕС» (разработка ИТК АН БССР). Предназначен для автоматизированного проектирования разделительных штампов простого и последовательного действия с жестким съемником и прижимом заготовки. Заготовкой является полоса или лента. Выполняются технологические операции (вырезка, пробивка и пр.). Штампуемые детали плоские, форма наружного контура и отверстий произвольная, состоящая из отрезков прямых и дуг окружностей. Максимальная толщина штампуемого материала 4 мм. Тип раскроя однорядный, фиксация заготовки осуществляется с помощью шаговых ножей или упоров. Максимальные габаритные размеры штампуемых деталей не более 150 × 240 мм. Предусматривается проектирование 10 типоразмеров пакетов штампов, устанавливаемых на стандартные блоки.

Исходными данными для автоматизированного проектирования являются сведения о геометрической форме штампуемой детали, размерах и допускаемых отклонениях от них, данные о положении размеров на чертеже, сведения о схеме раскроя заготовки и материале штампуемых деталей.

Результатом проектирования являются рабочие чертежи деталей штампа, управляющая программа для обработки рабочих контуров матрицы на станке с ЧПУ, спецификация штампа, таблица отверстий (в деталях пакета), выполняемых на координатно-расточном станке. Внедрение комплекса сокращает срок проектирования в 1,8—2,5 раза и снижает стоимость проектов на 35—45 %.

РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Методика расчета экономической эффективности учитывает сокращение трудозатрат на проектирование технологической документации при использовании САПР по сравнению с «ручным» проектированием. Методика расчета позволяет также оценивать экономическую эффективность применения двух различных САПР.

Экономический эффект определяется как разность между себестоимостью соответствующих работ при двух вариантах проектирования (10—12). Суммарный годовой экономический эффект определяется по формуле

$$Э = Э_1 + Э_2 - E_н C,$$

где $Э$ — суммарный годовой экономический эффект, р.; $Э_1$ — экономия от сокращения трудозатрат на проектирование при использовании нового, более прогрессивного варианта проектирования, р.; $Э_2$ — экономия от сокращения затрат на оплату машинного времени, р.; C — стоимость работ по внедрению нового варианта проектирования, р.; $E_н$ — нормативный коэффициент эффективности капитальных вложений.

Экономия от сокращения трудозатрат на технологическое проектирование

$$Э_1 = C^б_{тр} - C^н_{тр},$$

где $C^б_{тр}$ — себестоимость трудозатрат при базовом (например ручном) варианте проектирования, р.; $C^н_{тр}$ — себестоимость трудозатрат при новом (например автоматизированном) варианте проектирования, р.

Себестоимость трудозатрат на технологическое проектирование в базовом варианте

$$C^б_{тр} = 12 N_т З_т (1 + K_{доп} + K_{стрх}(1 + K_{доп}) + K_{н.р}),$$

где $N_т$ — количество технологов, занятых проектированием в базовом варианте, чел.; $З_т$ — средний месячный оклад одного специалиста, р./мес; $K_{доп}$ — коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату; $K_{стрх}$ — коэффициент, учитывающий отчисления в фонд социального страхования; $K_{н.р}$ — коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Следует отметить, что в реальных производственных условиях месячные оклады специалистов, занятых проектированием, могут быть различными. В таких случаях

11. Исходные данные

Наименование	Обозначение	Значение
Количество технологов, занятых проектированием, чел.	$N_т$	10
Средний месячный оклад одного специалиста, р.	$З_т$	150
Коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату	$K_{доп}$	0,08
Коэффициент, учитывающий отчисления в фонд социального страхования, р.	$K_{стрх}$	0,07
Коэффициент, учитывающий накладные расходы	$K_{н.р}$	1,5
Коэффициент, учитывающий снижение трудоемкости проектирования в новом варианте	$K_{с.н}$	0,2
Среднее число выходов на ЭВМ одного специалиста в базовом варианте	$M^б_{вых}$	0
То же, в новом варианте	$M_{вых}$	15
Средняя продолжительность работы на ЭВМ одного специалиста за один выход в базовом варианте, ч	$T^б_{вых}$	0
То же, в новом варианте, ч	$T^н_{вых}$	2,5
Тариф одного машино-часа эксплуатации ЭВМ, р.	$C_{ЭВМ}$	25
Стоимость работ по внедрению программного комплекса, р.	C	3000
Нормативный коэффициент эффективности	$E_н$	0,15

произведение $N_т З_т$ необходимо заменить суммой соответствующих произведений. Например: $N_{т_1} З_{т_1} + N_{т_2} З_{т_2} + \dots$.

Себестоимость трудозатрат на проектирование в новом варианте

$$C^А_{тр} = 12 N_т K_{сн} З_т (1 + K_{доп} + K_{стрх} (1 + K_{доп}) + K_{н.р}),$$

где $K_{сн}$ — коэффициент, учитывающий снижение трудоемкости проектирования в новом варианте по отношению к проектированию в базовом варианте.

В последней формуле показатель $З_т$ тот же, что и в предыдущей. В конкретных условиях месячный оклад одного специалиста при переходе на новый вариант проектирования может изменяться. При этом произведение $K_{сн} N_т З_т$ может быть заменено произведением $N^н_т З^н_т$ или суммой произведений

$$N^н_{т_1} З^н_{т_1} + N^н_{т_2} З^н_{т_2} + \cdots .$$

Экономия от сокращения затрат на оплату машинного времени в процессе проектирования

$$Э_2 = C^б_м - C^н_м,$$

где $C^б_м$ и $C^н_м$ —соответственно стоимость использования машинного времени ЭВМ при проектировании в базовом и новом варианте, р. В базовом варианте

$$C^б_м = 11 N_т M^б_{вых} T^б_{вых} C_{ЭВМ},$$

где $M^{б}_{вых}$ — среднее число выходов на ЭВМ одного специалиста в течение одного месяца в базовом варианте; $T^{б}_{вых}$ — средняя продолжительность работы на ЭВМ одного специалиста за один выход в базовом варианте, ч; $C_{ЭВМ}$ — тариф за один машино-час эксплуатации одного рабочего места ЭВМ, р.

В новом варианте

$$C^{н}_{м} = 11K_{сн}N_{т}M^{н}_{вых}T^{н}_{вых}C_{ЭВМ},$$

где $M^{н}_{вых}$ — среднее число выходов на ЭВМ одного специалиста в течение одного месяца при новом варианте проектирования; $T^{н}_{вых}$ — средняя продолжительность работы на ЭВМ одного специалиста за один выход при новом варианте проектирования, ч.

12. Расчетные данные

Наименование	Обозначения	Значение
Себестоимость трудозатрат на проектирование в базовом варианте, р.	$C^{б}_{тр}$	47800,8
То же, при новом варианте проектирования, р.	$C^{н}_{тр}$	9560,16
Экономия от сокращения трудозатрат на проектирование, р.	$Э_1$	38240,64
Стоимость оплаты машинного времени ЭВМ при проектировании в базовом варианте, р.	$C^{б}_{м}$	0
То же, в новом варианте, р.	$C^{н}_{м}$	18 750
Экономия от сокращения затрат на оплату машинного времени ЭВМ в процессе проектирования, р.	$Э_2$	18 750
Суммарный годовой экономический эффект, р.	$Э$	19040,64

Исходные данные и расчетные данные при оценке экономической эффективности целесообразно помещать в таблицах (табл. 11, 12). Ниже приводится пример заполнения таких таблиц при оценке эффективности применения САПР проектирования технологических процессов деталей типа «тела вращения» по сравнению с проектированием в «ручном» варианте.

В рассматриваемом примере исходные данные приняты для варианта эксплуатации САПР в многотерминальном режиме на ЕС ЭВМ в условиях академической организации.

В рассматриваемом примере в качестве базового варианта принято ручное проектирование без применения ЭВМ. Поэтому значение $Э_2$ имеет отрицательное значение. Следует отметить, что увеличение значений показателей $З_{т}$, $K_{доп}$, $K_{стрх}$, $K_{нр}$ влияет на увеличение суммарного эффекта $Э$.

Глава 4

ИНТЕРАКТИВНАЯ СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ

СТРУКТУРА СИСТЕМЫ ИНТЕРСАП

В основу разработки системы автоматизации проектирования управляющих программ (ИНТЕРСАП) положен ряд принципов:

гибкость системы, обеспечивающая простую перестройку на новые типы оборудования с ЧПУ и новые классы обрабатываемых деталей;

мобильность и компактность программного обеспечения, использование различных мини- и персональных ЭВМ;

диалоговый режим проектирования управляющих программ;

многотерминальный режим проектирования;

этапность разработки — каждый этап разработки программного обеспечения системы находит отражение в законченной версии, сохраняющей полную совместимость с младшими версиями;

простота в освоении и эксплуатации.

Реализация указанных принципов обеспечила высокую по сравнению с аналогичными системами эффективность ИНТЕРСАП на предприятиях приборостроительной и машиностроительной промышленности [5].

В настоящее время одной из основных характеристик САПР технологической подготовки процесса механообработки на станках с ЧПУ является возможность ее

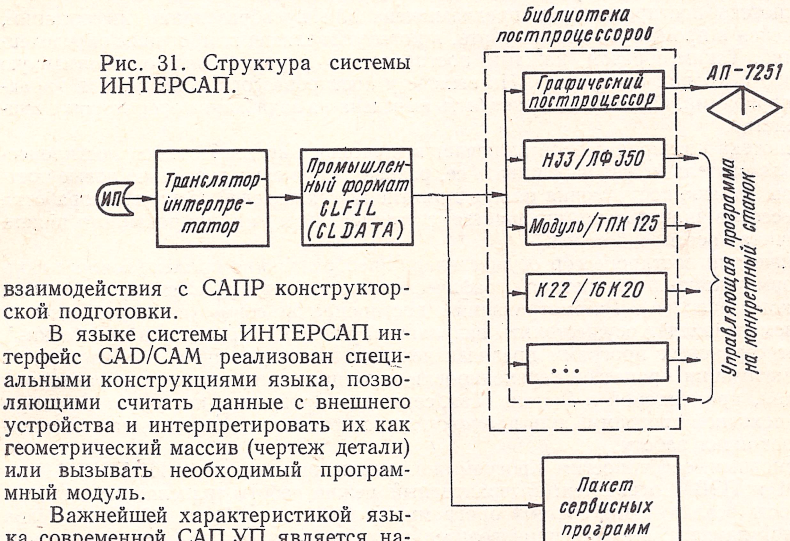


Рис. 31. Структура системы ИНТЕРСАП.

взаимодействия с САПР конструкторской подготовки.

В языке системы ИНТЕРСАП интерфейс CAD/CAM реализован специальными конструкциями языка, позволяющими считать данные с внешнего устройства и интерпретировать их как геометрический массив (чертеж детали) или вызывать необходимый программный модуль.

Важнейшей характеристикой языка современной САП УП является наличие средств обработки списков. Команды движения по списку и операции над списками позволяют структурировать программу, компактно задав в двух-трех строках всю обработку сложного геометрического контура.

САП УП, применяемая в составе гибкого производственного комплекса, должна позволять технологу-пользователю развивать язык системы, вводя в него новые высокоэффективные средства программирования специфических деталей и их фрагментов. Для этих целей в рассматриваемой системе имеется обобщенный макроаппарат, реализованный в версии системы ИНТЕРСАП-МАКРО. Применение этого макроаппарата позволяет существенно расширить технологические возможности языка непосредственно пользователем.

Программное обеспечение САП УП содержит: высокопроизводительный интерактивный транслятор, библиотеку постпроцессоров, пакет программ технологического проектирования (программные модули САПР ТП), пакет сервисных программ (включающий графическую подсистему), файлы технической документации.

Транслятор — основной программный модуль системы, главные функции которого следующие: считывание очередной инструкции из исходной программы; синтаксический анализ инструкции; выполнение того, что предписано семантикой данной инструкции; семантический (смысловой) разбор инструкции.

Транслятор построен и работает по схеме интерпретатора. Транслятор имеет модульную структуру, позволяющую без больших затрат расширять (сужать) его функциональные возможности. Весь процесс трансляции происходит за один просмотр исходного текста программы. Результатом трансляции является файл промежуточного формата *CLDATA* (рис. 31). Промежуточный формат состоит из записей фиксированной длины, каждая из которых несет информацию, достаточную для формирования

постпроцессором кадра или группы кадров управляющей программы. В промежуточном формате содержатся координаты рассчитанных транслятором точек, параметры рассчитанных окружностей, по которым производится движение, признаки технологических команд, таких как включение-выключение шпинделя, охлаждение, коррекции и др. Структура промежуточного формата (файл *CLDATA*) совместима со структурой промежуточного формата систем СПД ЧПУ, АПТ СМ, что позволяет использовать постпроцессоры этих систем без существенных переделок.

Кроме промежуточного формата транслятор формирует сообщения о возможных ошибках, допущенных технологом в исходной программе. Протокол трансляции, содержащий листинг исходной программы, координаты определяемых в исходной программе геометрических объектов, а также сообщения об ошибках выводятся на заказанное оператором внешнее устройство (печать, терминал).

Библиотека постпроцессоров предназначена для преобразования информации, содержащейся в промежуточном формате, в коды управляющих программ определенного станка. Таким образом, каждый постпроцессор осуществляет окончательную трансляцию исходной программы. На выходе у постпроцессора формируется управляющая программа. Она также может быть выведена на заказанное оператором внешнее устройство.

Библиотека постпроцессоров включает в настоящее время 75 типов постпроцессоров. Пользователь может наращивать ее, разрабатывая самостоятельно новые постпроцессоры по мере поступления на предприятие новых моделей станков. Разработка постпроцессоров значительно упрощается с применением унифицированного пакета (разработчика) постпроцессоров.

Графический постпроцессор осуществляет преобразование промежуточного формата в формат команд конкретного графического устройства (графопостроителя или графического дисплея). Рассматриваемый постпроцессор совместно с графическим устройством позволяет осуществлять визуальный контроль траектории обработки.

Пакет сервисных программ предназначен для экономии времени оператора за счет автоматизации процессов перекодировки, дублирования, распечаток различной информации, применяемой в системе. Так, сервисная программа позволяет получить листинги исходной программы или промежуточного формата после того, как транслятор уже закончил работу.

К основным особенностям программной реализации системы ИНТЕРСАП на мини-ЭВМ и ПЭВМ относятся: интерактивный режим работы транслятора системы; компактность реализующих систему программ (требуется не более 32 Кбайт слов оперативной памяти); высокая производительность транслятора и постпроцессоров; структурная гибкость, позволяющая гибко перестраивать транслятор системы; мобильность графического обеспечения системы (дает возможность использовать широкий спектр графических устройств).

Для применения системы в минимальном варианте пользователю достаточно иметь персональную мини-ЭВМ с объемом оперативной памяти 32 Кбайт слов, гибкими дисками, принтером и перфоленточной станцией. Для этих целей подходят комплексы типа ДВК-2М, ДВК-3, МЕРА-60 и их аналоги. В качестве системной поддержки используется операционная система РАФОС (SJ-монитор).

Современные персональные ЭВМ типа IBM PC/XT (ИСКРА-1030.11, НЕЙРОН, ЕС-1840/41, ПРАВЕЦ-16), снабженные жестким диском и операционной системой MSDOS, позволяют эффективно использовать систему ИНТЕРСАП.

В случае применения высокопроизводительных комплексов СМ-1403 — СМ-1420 с объектом памяти в 128 Кбайт слов и больше возможна подготовка управляющих программ на 10—15 терминалах в режиме разделения времени. В качестве системной поддержки используются операционные системы РАФОС-2 или ОСРВ.

Суммарная производительность многотерминального варианта системы ИНТЕРСАП превышает производительность системы СПД-ЧПУ в 2,6—3 раза. Фактором, снижающим производительность многотерминальных систем типа ИНТЕРСАП, является наличие в составе вычислительного комплекса, как правило, только одного перфоратора, читающего устройства и графопостроителя.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ЯЗЫКЕ СИСТЕМЫ ИНТЕРСАП

Язык системы ИНТЕРСАП можно отнести к классу проблемно-ориентированных языков, предназначенных для автоматизации проектирования управляющих программ для станков с ЧПУ.

Программа на языке системы состоит из строк-инструкций, заканчивающихся символами ВК, ПС. Строка-инструкция может содержать пробелы в любой позиции. Программа может начинаться с произвольной инструкции, но заканчиваться должна инструкцией КО. Максимальное число инструкций в одной программе должно быть не более 4800 (для версии, ориентированной на ДВК и «Электронику-60» — не более 800). Длина одной инструкции не более 75 символов без учета ВК и ПС. Продолжение строк не допускается. Длины всех инструкций подобраны таким образом, что они легко размещаются в указанном объеме. Инструкции переменной длины (движение по списку) могут быть легко продолжены. Все инструкции программы начинаются с первой позиции строки.

Основные типы инструкций языка следующие: определения геометрических объектов; движения; описания технологии; управления ходом трансляции; преобразования системы координат; ввода/вывода; объявления/отмены массивов; вычислительные и особые.

Структура инструкции

Любую инструкцию на языке можно представить как последовательность следующих друг за другом элементов: лексема разделитель лексема, ..., лексема (ВК) (ПС).

Далее дается подробное описание элементов, приведенных в указанной выше строке.

Под лексемой может подразумеваться ключевое слово, терм, метка, знак комментария листинга, идентификатор геометрической переменной.

Ключевые слова являются вспомогательными элементами инструкций и предназначены для логического разделения инструкций по смыслу и содержанию. В языке применяются следующие ключевые слова: F, S, XM, XB, YM, YB, SP, SL, PO, PR, DT, DP, DZ, DL, DK, DS, NT, UG, KO, NA, ES, VNE, VNU, DET, PAR, VKL, VIK, RIS, OHL, USK, KOR, PVR, RAV, BOL, MEN, CAL, RET, STR, TRN, MAS, STOP, EKVD, ZAGR, INST, VSPM, PODG, PBEZ, CRAS, CIKL, GMAS, MATR, NAISH, OTVOD, TRANS, CSVER, CTORS, NETRN, PAUZA, VIVOD, VVODT, OTMEN, USTOP, PRKOR, DOMOJ, OTMET, KOMEN, RAZGN, KONEC, FORT, RUKA, ROBOT, DX, DY, SPIS, INVER.

Недопустимо использование ключевых слов в качестве идентификаторов скалярных и геометрических переменных. Если программист четко не помнит всего списка ключевых слов, то можно применять в качестве идентификаторов любое ключевое слово, но с цифрой.

Например:

F1
PODG0
FORT2

Терм — понятие, предназначенное для программирования переменной части инструкции. Под термом в описываемом языке могут подразумеваться скалярная константа, скалярная переменная или подвыражение. Подвыражением может быть одна или несколько скалярных переменных (констант), объединенных знаками операций в соответствии с общепринятыми в алгоритмических языках правилами. Примеры термов: 12.3 — константа, X — скалярная переменная, (X + 4)*Y2 ∧ 2 — подвыражение.

Применяемые типы операций:
«+» — сложение; «—» — вычитание; «*» — умножение; «/» — деление; «(» — открывающаяся скобка; «)» — закрывающаяся скобка; «∧» — возведение в степень.

Приоритет выполнения операций соответствует принятому для языка Фортран.

Элементами подвыражения могут быть также встроенные функции языка. Транслятор обрабатывает следующие встроенные функции: FS (X) — синус, FC(X) — косинус, FT (X) — тангенс, FK (X) — квадратный корень, FA (X) — арктангенс, FX, FY, FZ — канонические функции.

Пример использования функций в подвыражении:

FK (1 — FS(X)

В примере вычисляется алгебраическое выражение: корень квадратный от единицы минус синус от X. Аргументами тригонометрических функций являются углы в градусах. Во всех инструкциях языка, где используются углы, значение угла в гра-

дусах не должно превышать по абсолютной величине 180; если нужно задать угол, больший 180°, то его нужно записать как разность требуемого угла и 360, например

L2 > TØ, 19Ø — 36Ø

В примере определяется прямая L2, проходящая через точку TO под углом 190° к оси X.

В языке реализованы также канонические функции, позволяющие находить параметры определенных в программе геометрических объектов. Так, функция FX находит первый параметр, функция FY — второй, функция FZ — третий. Аргументами канонических функций являются идентификаторы геометрических переменных. Так, для точки тремя указанными параметрами являются ее координаты X, Y, Z. Например, функция FY (T2) определяет координату Y точки T2. Для прямой указанными тремя параметрами являются коэффициенты уравнения прямой в нормальной форме: C, S, P. Уравнение прямой в нормальной форме:

CX + SY — P = Ø

Например, функция FZ (L1) определяет параметр P из уравнения прямой L1. Для окружности указанными тремя параметрами являются координаты центра окружности XC, YC и радиус ее P. Например, функция FX (K2A) определяет абсциссу центра окружности K2A.

Канонические функции могут применяться как обычные элементы подвыражений. Например, по подвыражению

FK ((FX (T1) — FX (T2)) ⋀ 2 + (FY (T1) — FY (T2)) ⋀ 2)

вычисляют расстояние между двумя точками T1 и T2.

Метка предназначена для использования в инструкциях управления ходом программы (см. безусловный и условный переходы, переход на подпрограмму). Меткой могут быть от одного до шести любых буквенно-цифровых символов. Метка ставится перед инструкцией, на которую она указывает, например:

: M1
X = Y + 1

Метка в листинге трансляции нумеруется как обычная инструкция. Примеры правильных меток: :МЕТКА, :1, :., :!, :D1AC, :23.

В одной программе недопустимо использование многократно распределенных меток.

Знак комментария листинга предназначен для введения комментария в листинг исходной программы. Представляет собой два символа ¤¤, стоящие в первой и второй позициях строки, далее может следовать любой текст в любом регистре. Комментарий в листинге нумеруется как обычная инструкция.

Вторым возможным элементом инструкции (кроме лексемы) является разделитель. Допустимы следующие разделители: «=» — знак присваивания; «>» — знак геометрического определения; «,» — запятая.

Из перечисленных типов лексем и разделителей можно «собрать» любую инструкцию на языке.

Допустимый порядок следования элементов инструкции (лексем, разделителей) определяется синтаксисом языка, который будет рассмотрен далее. Прежде чем приступить к рассмотрению синтаксиса конкретных инструкций языка, обусловливают формальную форму записи любой инструкции (общий вид инструкции). Синтаксически любая инструкция может быть представлена в виде строки, состоящей из указанных выше элементов. При этом принимаются следующие сокращения: ТР — терм, МТ — метка, ИТ — идентификатор точки, ИП — идентификатор прямой, ИК — идентификатор окружности.

Например, геометрическое определение точки, полученной поворотом заданной точки относительно нуля координат на некоторый угол A, может быть формально представлено так:

Обычное написание инструкции:

Общий вид инструкции:

Типы данных

В языке применяются два типа данных: скалярные и геометрические. Скалярные могут быть либо константы, либо переменные.

Примеры задания скалярных констант:

0
0.
3.314
—6.28
15

Скалярные переменные могут быть либо простыми, либо индексированными. Они имеют имена — идентификаторы. Скалярные идентификаторы могут иметь от одного до шести буквенно-цифровых символов, первый — буква. В языке используются буквы только латинского регистра. Буквы русского регистра допустимы только в инструкциях DET, KOMEN, а также в комментариях листинга.

В языке допустимы одномерные скалярные массивы. Для описания элементов скалярных массивов используются скалярные идентификаторы с индексом. В качестве индекса могут быть использованы скалярные константа, переменная или подвыражение.

Примеры скалярных идентификаторов с индексами:

X (1)
AX (J + 2 * C)
BA2AL6 (NP26C)

Геометрические данные могут быть только геометрическими переменными. Геометрические переменные имеют имена — идентификаторы. Так как в языке применяется пять типов геометрических объектов (точка, прямая, окружность, список, сплайн), соответственно применяются идентификаторы точки, прямой, окружности, списка и сплайна. Идентификатор точки содержит от одного до шести буквенно-цифровых символов, первый — буква T. Соответственно для прямой — первая буква L, для окружности — первая буква K, для списка — первая буква S, для сплайна — первая буква C. Как и скалярные, геометрические переменные (кроме списков) бывают простые и индексированные.

Имена списков должны содержать как минимум два символа. Причем, первым символом должна быть буква s.

Примеры идентификаторов простых геометрических переменных:

T1A
T
TO1
LACB2X
KØ26A
S1A3R
C1

Идентификаторы списков и сплайнов бывают только простыми, т. е. в языке нет массивов списков и сплайнов.

Индексированные геометрические переменные являются элементами геометрических массивов (только одномерных). В качестве индекса в них может быть использована скалярная переменная или подвыражение.

Примеры идентификаторов индексированных геометрических переменных:

T (J + 1)
KC2F (2)
L1A (N)

Недопустимо использование в качестве идентификаторов скалярных переменных идентификаторов геометрических переменных и наоборот.

ИНСТРУКЦИИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

Инструкции определения геометрических объектов (точек, прямых, окружностей) записываются в виде двух частей: левой и правой. Левая часть от правой отделяется разделителем >. Разделитель применяется в языке только в инструкциях геометрических определений. Слева от знака > записывается идентификатор определяемого геометрического объекта, справа — само определение.

Все геометрические объекты, определяемые в программе приведенными ниже способами, автоматически задаются в плоскости XY (координата Z = Ø, кроме тех определений, где координата Z задается явно). Например, определение точки по трем координатам. Необходимый уровень по Z задается при программировании движений специальными инструкциями. Это дает возможность легко варьировать в программе уровень Z, не переопределяя при этом геометрические объекты.

Язык допускает многократное определение точек, прямых, окружностей под одинаковыми именами. При этом транслятор обрабатывает последнее имя. Нельзя использовать идентификатор имени точки как имя окружности и тому подобные определения.

Инструкции определения точек

В языке реализовано 14 способов определения точек.

Точка, определяемая тремя (двумя) координатами. Общий вид инструкции: ИТ > ТР, ТР, ТР.

Примеры:

T1 > 12, 15, 6.3
T1A > X, Y, Z

Если требуется определить точку по двум координатам X, Y (Z = Ø), данная инструкция записывается так: ИТ > ТР, ТР.

Пример:

T1 > 2.3, —7

Точка, определяемая пересечением двух заданных прямых. Общий вид инструкции: ИТ > ИП, ИП.

Примеры:

T1 > L1, L2
T2 > LA3, L4

Точка, определяемая как пересечение заданной прямой с заданной окружностью. Общий вид инструкции: ИТ > ИП, ИК, (XM, XB, YM, YB). Здесь модификаторы XM, XB, YM, YB уточняют, какую из двух возможных точек определяет инструкция.

Пример (рис. 32, *а*):

T23 > L1, K1, VB.

Точка, определяемая как точка касания заданной прямой и заданной окружности. Общий вид инструкции: ИТ > ИП, ИК.

Примеры:

T1 > L1, K1
T2A > L1, K(8)

Точка, определяемая центром заданной окружности. Общий вид инструкции: ИТ > ИК. Пример:

T2K > K3

Точка, определяемая пересечением двух заданных окружностей. Общий вид инструкции: ИТ > ИК, ИК (XM, XB, YM, YB). Модификаторы уточняют, какую из двух возможных точек определяет инструкция.

Пример (рис. 32, *б*):

T1 > K1, K2, XM

Точка, определяемая как точка касания двух заданных окружностей. Общий вид инструкции: ИТ > ИК, ИК.

Пример:

TB4 > KOS1, K3

Точка, определяемая как точка пересечения заданной окружности с прямой, проходящей через центр заданной окружности под заданным углом к оси X. Общий вид инструкции: ИТ > ИК, (XM, XB, YM, YB), ТР.

Пример (рис. 32, *в*):

T1 > K1, YM, 45

В примере определяется точка *T1* как точка пересечения прямой, проходящей через центр окружности *K1* под углом 45° к оси X.

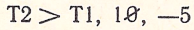
Модификатор в инструкции дает возможность определить одну из двух возможных точек.

Все углы в инструкциях считаются положительными, если они считываются против часовой стрелки.

Точка, определяемая как точка, симметричная заданной точке относительно заданной прямой. Общий вид инструкции: ИТ > ИТ, ИП.
Пример (рис. 32, *г*):

T1 > TØ, L2

Точка, определяемая переносом заданной точки на заданные значения по координатам X, Y. Общий вид инструкции: ИТ > ИТ, ТР, ТР.
Пример (рис. 32, *д*):



T2 > T1, 1Ø, —5

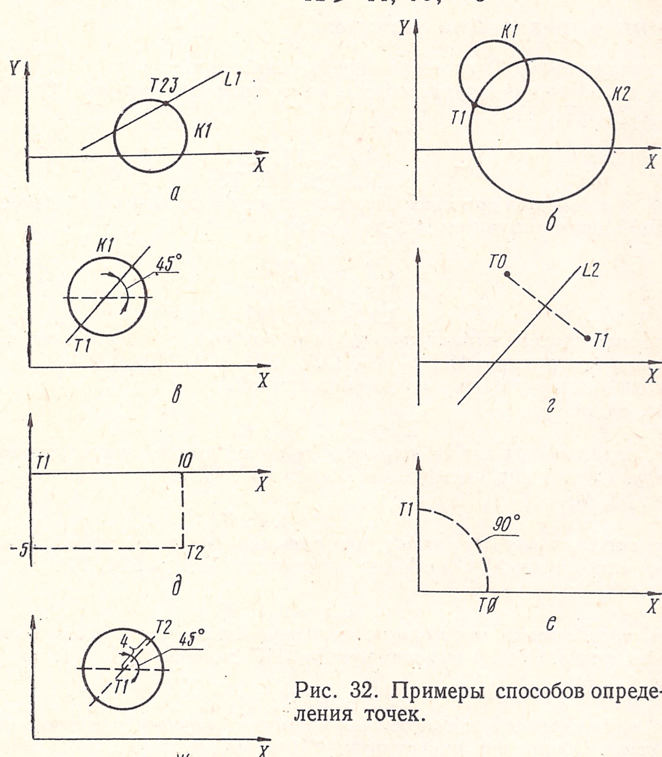


Рис. 32. Примеры способов определения точек.

Точка, определяемая как точка, повернутая на заданный угол относительно начала координат. Общий вид инструкции: ИТ > ИТ, UG, ТР.
Пример (рис. 32, *е*):

T1 > TØ, UG, 90

Точка, определяемая пересечением окружности заданных центра и радиуса и прямой, проходящей через центр окружности под заданным углом к оси X. Общий вид инструкции: ИТ > ИТ, ТР, (XM, XB, YM, YB), ТР.

Данное определение аналогично определению, описанному выше, с той разницей, что в данном случае используются параметры окружности (ее радиус и точка центра). Смысл модификаторов тот же.
Пример (рис. 32, *ж*):

T2 > T1, 4, XB, 45

Первая скалярная константа в примере равна радиусу 4 мм, вторая — углу 45°.

Точка, определяемая пересечением прямой и списка. Общий вид инструкции: ИТ > ИП, ИС, N, где ИТ — идентификатор определяемой точки; ИП — идентификатор прямой; ИС — имя списка; N — порядковый номер точки пересечения (считая от начала списка).
Пример:

T1 > L1, S1, 2

В примере определяется T1 как вторая (по ходу списка) точка пересечения прямой L1 со списком S1.

Точка, определяемая через заданную точку. Общий вид инструкции: ИТ > ИТ. Данное определение позволяет определить точку под заданным именем с теми же координатами, что и заданная ранее точка.

Пример:

T1 > T2.

Инструкции определения прямых

В языке реализовано 11 способов определения прямых.

Прямая, определяемая как проходящая через две заданные точки. Общий вид инструкции: ИП > ИТ, ИТ.

Примеры:

L1 > T1, T2
LA3 > TØ, T3

Прямая, определяемая как проходящая через заданную точку под заданным углом к оси X. Общий вид инструкции: ИП > ИТ, ТР.

Примеры:

LX > TØ, Ø
LY > TØ, 9Ø
L2 > T11, 192 — 36Ø

Прямая, определяемая параллельно заданной прямой на заданном от нее расстоянии. Общий вид инструкции: ИП > ИП, (XM, XB, YM, YB), ТР.

Здесь модификатор уточняет положение прямой.

Пример (рис. 33, *а*):

L2 > L1, YM, 45

Прямая, определяемая перпендикулярно заданной прямой и проходящая через заданную точку. Общий вид инструкции: ИП > ИП, ИТ.

Пример (рис. 33, *б*).

L2 > LØ, T1

Прямая, определяемая как прямая, проходящая через центр заданной окружности под заданным углом к оси X. Общий вид инструкции: ИП > ИК, ТР.

Пример (рис. 33, *в*):

L1 > K1, 45

Прямая, определяемая как прямая, параллельная заданной прямой, проходящая через заданную точку. Общий вид инструкции: ИП > PAR, ИП, ИТ.

Пример (рис. 33, *г*):

L2 > PAR, L1 TØ

Прямая, определяемая как проходящая через заданную точку, касательно к заданной окружности. Общий вид инструкции: ИП > ИК, ИТ, (SL, SP).

Заданная в инструкции точка не должна быть внутри заданной окружности.

Пример (рис. 33, *д*):

L1 > K1, T1, SP

Указатель стороны в инструкции (SL, SP) уточняет положение определяемой прямой, проходящей слева или справа от луча, проведенного мысленно через заданную точку к центру заданной окружности.

Прямая, определяемая как касательная к двум заданным окружностям. Общий вид инструкции: ИП > ИК, (SL, SP), ИК, (SL, SP).

Первый указатель стороны в инструкции (SL, SP) уточняет положение определяемой прямой относительно первой окружности, второй указатель — относительно второй (см. примеры).

Примеры (рис. 33, *е*, *ж*):

L1 > K2, SP, K1, SP
L1 > K2, SP, K1, SL

Указатель стороны слева / справа задается относительно луча, проведенного мысленно через центры заданных окружностей в направлении от первой записанной в инструкции окружности ко второй. Первой в инструкции записывается окружность меньшего радиуса; если записать наоборот, то будет определена прямая, симметричная требуемой. Если радиусы одинаковы, то порядок записи окружностей произвольный.

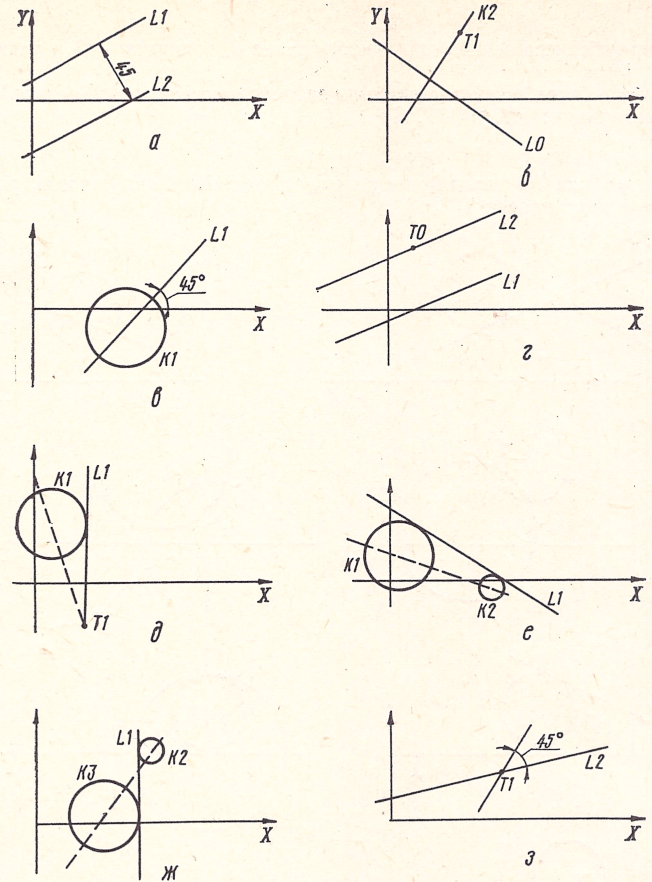


Рис. 33. Примеры способов определения прямых.

Прямая, проходящая через заданную точку под заданным углом к заданной прямой. Общий вид инструкции: ИП > ИП, ИТ, ТР.
Пример (рис. 33, *з*):

L1 > L2, T1, 45

Прямая, определяемая как касательная к сплайну. Общий вид инструкции: ИП > (SPN, SPK), ИС, где ИП — идентификатор прямой; ИС — имя сплайна.

Ключевое слово указывает на точку, в которой проводится касательная: SPN — в начальной, SPK — в конечной точке сплайна.
Пример:

L1 > SPN, C1

В примере задается прямая L1, касательная к сплайну C1 в его начальной точке.

Прямая, определяемая заданной прямой. Общий вид инструкции: ИП > ИП.
Пример:

L2 > L0

Инструкции определения окружностей

В языке реализовано 15 способов определения окружностей.

Окружность, определяемая координатами центра и заданным радиусом. Общий вид инструкции: ИК > ТР, ТР, ТР.

Пример:

K1 > 5,3, 15

В примере абсцисса центра окружности равна 5, ордината — 3 и радиус окружности равен 15 мм.

Окружность, определяемая центром в заданной точке и заданным радиусом. Общий вид инструкции: ИК > ИТ, ТР.

Пример:

K2 > T0, 10

В примере точка T0 находится в центре определяемой окружности, радиус определяемой окружности равен 10.

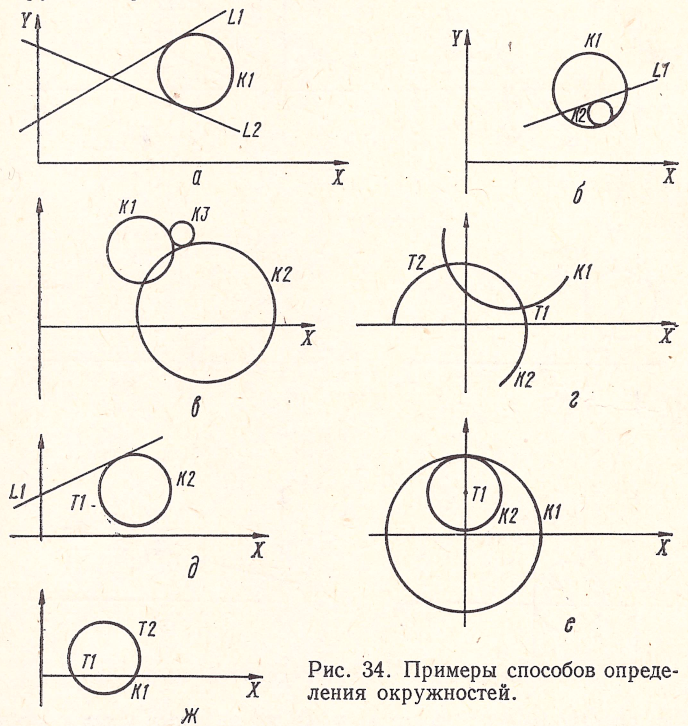


Рис. 34. Примеры способов определения окружностей.

Окружность, определяемая радиусом и касающаяся двух пересекающихся прямых. Общий вид инструкции: ИК > ИП, (XM, XB, YM, YB), ИП, (XM, XB, YM, YB), ТР.
Пример (рис. 34, *а*):

K1 > L1, YM, L2, YB, 2

Модификаторы уточняют положение центра определяемой окружности относительно прямых.

Окружность, определяемая радиусом и касающаяся прямой и другой окружности. Общий вид инструкции: ИК > ИП, (XM, XB, YM, YB), (VNE, VNU), ИК, (XM, XB, YM, YB), ТР.

Первый модификатор уточняет положение задаваемой окружности относительно заданной прямой, положение (VNE, VNU) уточняет, будет ли определяемая окружность находиться вне заданной окружности (VNE) или внутри (VNU). Второй модификатор уточняет положение определяемой окружности в зависимости от положения заданной окружности.
Пример (рис. 34, *б*):

K2 > L1, YM, VNU, K1, XB, 2

Окружность, определяемая радиусом и касающаяся двух заданных окружностей. Общий вид инструкции: ИК > ИК, (VNE, VNU), ИК, (VNE, VNU), (XM, XB, YM, YB), ТР.

Первое положение в инструкции (VNE, VNU) уточняет положение центра определяемой окружности внутри или снаружи первой заданной. Второе положение то же самое, но относительно второй заданной окружности.

Модификатор уточняет положение центра определяемой окружности относительно прямой, соединяющей центры заданных окружностей.

Пример (рис. 34, *в*):

K3 > K1, VNE, K2, VNE, YB, 2

Окружность, определяемая переносом заданной окружности по координатам X и Y. Общий вид инструкции: ИК > ИК, ТР, ТР.

Пример:

K2 > K1, 10, —3

Окружность, определяемая симметрично заданной окружности относительно заданной прямой. Общий вид инструкции: ИК > ИК, ИП.

Пример:

K1 > K2, L1

Окружность, определяемая сжатием (расширением) заданной окружности на заданную величину радиуса. Общий вид инструкции: ИК > ИК, ТР.

Пример:

K2 > K1, 3

Окружность K2 получена расширением окружности K1 путем увеличения ее радиуса на 3 мм.

Окружность, определяемая поворотом заданной окружности на заданный угол относительно начала координат. Общий вид инструкции: ИК > ИК, UG, ТР.

Пример:

K2 > K1, UG, 45

Окружность, определяемая радиусом и проходящая через две заданные точки. Общий вид инструкции: ИК > ИТ, ИТ, (XM, XB, YM, YB), ТР.

Примеры (рис. 34, *г*):

K1 > T1, T2, YB, 20
K2 > T1, T2, YM, 20

Модификатор уточняет положение центра относительно прямой, проходящей через заданные точки.

Окружность, определяемая как проходящая через три точки. Общий вид инструкции: ИК > ИТ, ИТ, ИТ.

Все три точки не должны лежать на одной прямой.

Пример:

K1 > T1, T2, T3

Окружность, определяемая радиусом, касающаяся прямой и проходящая через точку. Общий вид инструкции: ИК > ИП, ИТ, (XM, XB, YM, YB), ТР.

Модификатор в инструкции уточняет положение центра определяемой окружности относительно заданной точки.

Пример (рис. 34, *д*):

K2 > L1, T1, XB, 10

Окружность, определяемая центром и касающаяся другой окружности. Общий вид инструкции: ИК > ИТ, ИК, (MEN, BOL).

Отношение (MEN, BOL) уточняет одну из двух возможных окружностей: меньшую (MEN,) большую (BOL).

Пример (рис. 34, *е*):

K2 > T1, K1, MEN

Окружность, определяемая центром в заданной точке и заданной точкой на самой окружности. Общий вид инструкции: ИК > ИТ, ИТ.

Пример (рис. 34, *ж*):

K1 > T1, T2

Окружность, определяемая заданной окружностью. Общий вид инструкции: ИК > ИК.

Пример:

K1 > K2

Инструкции объявления списков

Списком в языке называется последовательность элементов от одного до N. Элементы отделяются один от другого разделителем «,». Элементом списка может быть: идентификатор геометрической переменной — точки, прямой, окружности, списка, сплайна; модификатор (XM, YM, XB, YB); направление (PO, PR); скалярное подвыражение; скалярный идентификатор; скалярная константа. Например: L1, L2, T32R, S8, 300, K4, XM, F1 + 0,5, T23, K13A, 44.

Скалярные элементы в списке обычно интерпретируются как подача.

Список — это аналог некоторого геометрического контура, состоящего из геометрических объектов, являющихся элементами списка. Направление обхода этого контура уточняют модификаторы и направления. Списки могут иметь имена — идентификаторы. Инструкция, связывающая имя списка с его содержимым (элементами), называется инструкцией объявления списка. Общий вид ее следующий:

SPIS, [ИДЕНТИФ. СПИСКА], [СПИСОК]

Пример:

SPIS, S1, L1, L2, K3, XB, L23, L33, 30

В примере объявлен список по имени S1, состоящий из элементов: L1, L2, K3, XB, L23, L33, 30.

Каждый последующий модификатор или направление отменяет предыдущий. Модификатор или направление можно писать в любом месте списка, но до места, где он потребуется транслятору для вычислений. Транслятор обрабатывает список слева направо поэлементно.

Например: нужно двигаться по списку в точку пересечения прямой L1 и окружности K1 с модификатором XB. Этот список можно записать двумя вариантами:

SPIS, S1, XB, L1, K1 или SPIS, S1, L1, XB, K1

Если программируется движение в точку касания прямой и окружности, то модификатор можно не писать: он не играет никакой роли.

Инструкция SPIS не является инструкцией движения, она просто определяет сложный геометрический объект (контур), который может использоваться в одной из инструкций движения, например движения по списку (см. дальше). Списки не обязательно должны иметь имена — можно перечислять элементы списка непосредственно в инструкции DS. Списки, среди элементов которых имеются идентификаторы других списков, называются вложенными. Эти списки должны быть объявлены раньше.

Недопустима, например, такая запись: SPIS, S23, T12, L33, L2, S23, 200. Среди элементов объявляемого списка здесь есть S23 — идентификатор объявляемого списка. Подробно программирование геометрии списков описано в разделе «Инструкции движения по списку».

Отличительной особенностью языка системы является наличие в нем средств, позволяющих производить операции над списками. Наряду с аппаратом преобразования координат по матрице, операции над списками являются мощным средством автоматического преобразования траектории инструмента. При этом пользователю предоставляется возможность сочетать преобразование списков с матричными преобразованиями. В языке реализованы две операции над списками: инвертирование и получение зеркального списка.

Инвертирование списка. Над списками можно производить операцию инвертирования, т. е. получать список, обход которого обратный определенному раньше. Для этой цели служит инструкция инвертирования, общий вид которой следующий:

INVER, имя инвертированного списка, имя инвертируемого списка

Действие инструкции заключается в объявлении нового списка, направление обхода которого обратно объявленному ранее. При этом обход исходного списка не изменяется, например:

INVER, S2, S1

Объявлен новый список S2, параметры старого S1 не изменились.

Недопустимы инструкции типа: INVER, S1, S1. Инвентируя списки, следует соблюдать осторожность при программировании подачи в списке. Например, нужно получить список, направление обхода которого обратно списку S1, объявленному как

SPIS, S1, 5000, L1, L2, 50, K1, L3, L1, 5000, LX

Инвертируя список, получают:

LX, 5000, L1, L3, K1, PR, 50, L2, L1, 5000

Как видно, холостая подача (5000) стоит не там где нужно, так как инвертирование заключается в «перестановке» рассчитанных промежуточных координат в обратном порядке и изменении направления обхода окружностей. Выход из этой ситуации состоит в таком программировании подачи, при котором учитывается возможное инвертирование:

SPIS, S1, 5ØØØ, L1, L2, 5Ø, K1, 5Ø, L3, L1, 5ØØØ, LX

П о л у ч е н и е   з е р к а л ь н о г о   с п и с к а. Зеркальным называется список, обход которого является зеркальной копией исходного списка относительно некоторой прямой. Общий вид инструкции:

ZER, имя зеркального списка, имя исходного списка, ИП

Пример:

ZER, S2, S1, L23

В примере объявляется список S2, являющийся зеркальной копией исходного списка S1 относительно прямой L23. Пример типичного применения с инструкциями движения:

SPIS, S1, L1, L2, K1, K2, 3ØØ, ...
DS, S1
ZER, S23, S1, LY
DS, S23

Следует учесть, что при получении зеркального списка направления обхода всех окружностей изменяются на противоположные.

При объявлении списка следует четко фиксировать точку его начала, т. е. не следует первым элементом списка ставить окружность. При программировании движения по этом списку может возникнуть ошибка (код 39). Если список нужно начать с окружности, то сначала необходимо выйти на нее:

SPIS, L3, XB, K1 ...

В примере фиксируется точка начала списка, лежащая на окружности K1.

Предположим, имеются два списка

SPIS, S1, T1, L1, K1 и SPIS, S2, T1, K1, L1

Соответственно инструкции движения по этим спискам:

DS, S1 и DS, S2

Следует четко усвоить, что в первом списке (S1) программируется движение в точку касания (пересечения по XM, YM) L1 и K1, а во втором (S2) — движение по окружности по часовой стрелке до касания (пересечения) с прямой L1. Ясно, что во втором случае точка T1 обязательно должна лежать на окружности K1.

Инструкция объявления сплайнов

Предназначена для построения гладкой кривой (кубического сплайна), проходящей последовательно через заданный массив точек в плоскости XY.

Общий вид инструкции: SPLAIN, ИС, ИМТ, ТР,

где ИС — идентификатор сплайна (от одного до шести буквенно-цифровых символов, первая буква — С); ИМТ — идентификатор объявленного массива точек (опорных «узлов» сплайна); ТР — скалярное подвыражение, задающее шаг по координате X (положительное число), с помощью которого будут вычислены точки сплайна.

От размера шага зависит точность обработки.

Инструкция объявления сплайна определяет геометрический объект и не является инструкцией, задающей движение инструмента. Для задания движения инструмента по точкам сплайна необходимо включить идентификатор сплайна в список и задать инструкцию движения по списку.

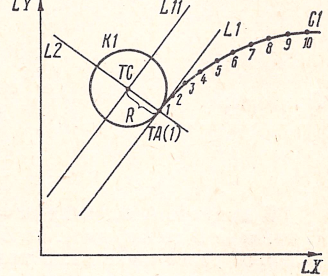


Рис. 35. Сопряжение сплайна с окружностью.

Точки массива можно задать с помощью инструкций геометрического определения или считать с внешнего устройства. Сделать это можно в любом месте программы, но до инструкции объявления сплайна.

Пример:

```
DET, ПРИМЕР
. . .
GMAS, 4, TA
TA(1) > 1, 1
TA(2) > 2, 4
TA(3) > 3, 9
TA(4) > 4, 16
SPLAIN, C1, TA, Ø.2
DS, C1
. . .
KO
```

В примере объявлен пример четырех точек TA(N) и объявлен сплайн C1, узлы которого — точки массива TA(N).

Шаг аппроксимации по оси X равен 0,2 мм. Программируется движение по списку, содержащему только один элемент — идентификатор сплайна C1.

Точка в массиве должна располагаться в порядке возрастания координаты X. Если нужно задать движение по сплайну с отрицательным приращением координаты X, то объявляют список, содержащий сплайн, а затем инвертируют этот список, и в инструкциях движения указывают результат инвертирования, например:

```
SPIS, S1, C1
INVER, S2, S1
DS, S2
```

В языке системы имеются средства сопряжения сплайна с соседними участками траектории (рис. 35).

На рисунке прямая *L1* задана особым способом, как касательная к началу сплайна *C1*. Прямая *L11* определяется как параллельная *L1* на расстоянии *R* от нее. Прямая *L2* перпендикулярна к *L11* и проходит через начало сплайна — точку *TA (1)*. Тогда окружность *K1* можно определить центром *TC* (пересечение *L11* и *L2*) и радиусом *R*. Таким образом, окружность *K1* касательна к началу сплайна *C1*.

ИНСТРУКЦИИ ДВИЖЕНИЯ

Инструкция движения предназначается для задания в программе: исходных точек, а также движения в точку; по приращению; по координатам X, Y, Z; в точку с задаваемой высотой Z; по координате W; по координатам X, Y, Z, W; по списку; по фаске; по спирали Архимеда.

Указанные выше способы движений касаются, как правило, программирования для станков, у которых может двигаться либо стол, либо шпиндель по координатам X, Y, Z.

Однако имеются станки, у которых возможно движение стола по координатам X, Y, Z и одновременно шпинделя по координате W и наоборот. Указанные выше способы движения по координате предназначаются для программирования обработки на таких станках. Их не следует путать с 4-координатной обработкой.

Задание исходной точки. Общий вид инструкции:

А) NT, TP, TP, TP;
Б) NT, TP, TP;
В) NT, ИТ;
Г) ИТ, ИТ, TP.

Примеры:

А) NT, 1, 2, 3
Б) NT, 1, 2
В) NT, T1
Г) NT, T1, 15.

В примере А задается начальная точка с координатами X = 1, Y = 2, Z = 3. В примере Б то же самое, но Z = 0. В примере В исходная точка находится в определенной ранее точке T1. В примере Г то же самое, но координата Z исходной точки равна 15.

Движение в точку. Общий вид инструкции:

А) DT, TP, TP, TP;
Б) DT, TP, TP;
В) DT, ИТ

Инструкция задает движение в точку с параметрами, заданными в правой части инструкции.

Примеры:

А) DT, 15, 12, 18

Б) DT, 15, 12

В) DT, T1

Значение координат в приведенных выше примерах интерпретируются аналогично описанной выше инструкции задания начальной точки.

Движение по приращению. Общий вид инструкции:

А) DT, ТР, ТР, ТР;

Б) DP, ТР, ТР.

Примеры:

А) DP, 10, 15, 16

Б) DP, 10, 15

В примере А осуществляется движение путем приращения координат: X на 10 мм, Y на 15 мм и Z на 16 мм. В примере Б то же самое, но приращение координат Z = 0.

Движение по Z. Общий вид инструкции: DZ, ТР.

Инструкция предназначается для программирования перемещений по координате Z. Терм в правой части равен значению координаты.

Пример:

DZ, 13

В приведенном примере программируется перемещение по координате до значения координаты Z = 13 мм.

Движение в точку с задаваемой координатой Z. Общий вид инструкции: DT, ИТ, ТР.

Пример:

DT, T2, 10

В примере программируется движение в точку T2 с координатой Z = 10 независимо от того, какое значение координаты было задано при определении точки T2 (движение «по наклону»).

Движение по координате W. Общий вид инструкции: DT, ТР.

Пример:

DT, 25

В примере программируется движение стола или шпинделя с координатой W = = 25. Инструкция интерпретируется постпроцессором.

Движение по координатам X, Y, Z, W. Общий вид инструкции: DT, ТР, ТР, ТР, ТР.

Пример:

DT, 12, 10, 15, 16

В примере программируется перемещение стола по координатам X = 12, Y = = 10, Z = 15 и шпинделя с координатой W = 16. Возможно наоборот — шпинделя и стола. Это зависит от интерпретации данной инструкции постпроцессором. Движение стола при одновременном движении шпинделя возможно только по прямой.

Движение по списку. Общий вид инструкции: DS, [СПИСОК].

Список — это последовательность от одного до N элементов. Элементом списка может быть: идентификатор (точки, прямой, окружности, списка, сплайна); скалярная переменная (константа или подвыражение); модификаторы; направления.

Движение по списку — это средство языка, позволяющее запрограммировать движение последовательно по нескольким геометрическим объектам. Эти объекты должны быть ранее определены в программе. Все элементы списка отделяются друг от друга запятой. Скалярная переменная или константа, встретившиеся в списке, интерпретируются как подача. Модификаторы в списке уточняют выбор одной из двух возможных точек пересечения элементов: окружность — прямая; прямая — окружность; окружность — окружность.

Направление (PO, PR) уточняет направление движения по окружности, являющейся элементов списка: PO — по часовой стрелке, PR — против.

Если все модификаторы, требуемые в списке,— XM и все направления — PO, то данный модификатор и направление в списке можно не указывать (правило умолчания). Примеры программирования движения по списку:

DS, 100, T1, T2, 30, T4

В примере программируется движение по точкам T1 и T2 с подачей 100 мм/мин и движение в точку T4 с подачей 30 мм/мин:

DS, L1, L2, L3, 10, L4

В примере программируется движение в точку пересечения прямых L1 и L2, дальше движение по прямой L2 до пересечения прямых L2 и L3, дальше движение по прямой L3 с подачей 10 мм/мин до пересечения прямых L3 и L4:

DS, L1, K1, L2, XB, PR, K2, K3, PO, T1

В данном примере (рис. 36) программируется движение до точки пересечения прямой L1 и окружности K1 (по правилу умолчания модификатор XM можно не писать), далее движение по окружности K1 до касания с прямой L2 (по правилу умолчания направление PO можно не писать), затем движение по прямой L2 до пересечения с окружностью K2 (модификатор XB), потом движение по часовой стрелке по окружности K2 до касания с окружностью K3, далее движение по часовой стрелке по окружности K3, заканчивающееся точкой T1.

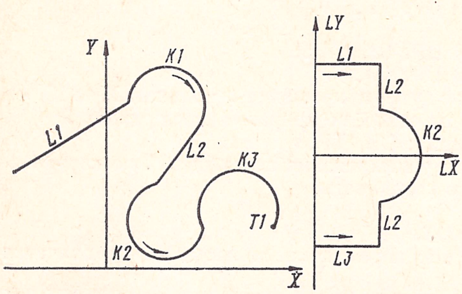


Рис. 36. Сложная траектория движения инструмента.

Рис. 37. Траектория прямого и встречного движения.

Следует отметить, что приведенный в примере список можно запрограммировать иначе, не изменяя при этом его геометрии:

DS, L1, K1, L2, XB, K2, PR, K3, PO, T1

или не пользуясь правилом умолчания —

DS, PO, XM, L1, K1, L2, XB, K2, PR, K3, PO, T1

Список обрабатывается транслятором поэлементно. При этом каждый последующий модификатор (направление) отменяет предыдущий. Модификатор или направление может стоять в любом месте списка, но внутри той пары элементов, при обработке которой он потребуется. Под обработкой подразумевается вычисление транслятором очередной опорной точки эквидистанты, являющейся пересечением этих элементов.

Если программируется достаточно длинный список, который нельзя разместить на одной строке, программируемый список прерывается на N-м элементе, и со следующей строки записывается инструкция движения по списку, продолжающему прерванные. При этом, чтобы не образовалась разрывная траектория, первым элементом продолжающего списка должен быть последний элемент прерванного, например:

DS, L1, L2, L3, XB, K4, L4, L8, L9, L11

Этот список можно разбить на два:

DS, L1, L2, L3, XB, K4, L4, L8
DS, L8, L9, L11

Диагностика ошибок, возникающих при программировании списка, кроме обычной информации о коде ошибки, содержит номер элемента списка, при обработке которого возникла ошибка. Номер элемента отсчитывается, начиная с ключевого слова DS, например:

DS, T1, L1, T2, K4, L5, L3, L6
1 2 3 4 5 6 7 8

Если нужно пройти несколько раз по одному и тому же списку, то это можно сделать с помощью подпрограмм или используя списки с именами (идентификаторами).

Еще примеры правильной записи списков:

А) DS, 15
Б) DS, 25, T2

В примере А программируется подача 15 мм/мин. В примере В программируется движение в точку T2 с подачей 25 мм/мин.

Пусть надо запрограммировать обход по некоторому контуру: L1, L2, K1, L2, L3 (рис. 37). Необходимо выполнить сначала попутное фрезерование этого контура, а затем встречное, обходя контур в обратном направлении. Программируется это следующим образом:

SPIS, S1, LY, L1, L2, YB, K1, YM, L2, L3, LY
INVER, S2, S1
DS, S1, S2

Движение по фаске. Общий вид инструкции: FAS, (SL, SP), TP, TP.

Положение в инструкции указывает, куда двигаться по фаске относительно ее начала: вправо (SP) или влево (SL). Первый терм в инструкции определяет размер фаски по оси X; второй терм определяет угол фаски к оси X в градусах; при этом указывается меньший угол из двух возможных. Например:

FAS, SL, 12Ø, —45

Примеры программирования фасок даны на рис. 38.

Перед применением инструкции FAS нужно запрограммировать выход в точку, из которой начинается фаска. Инструкция движения по фаске позволяет сократить число прямых, определяемых в программе.

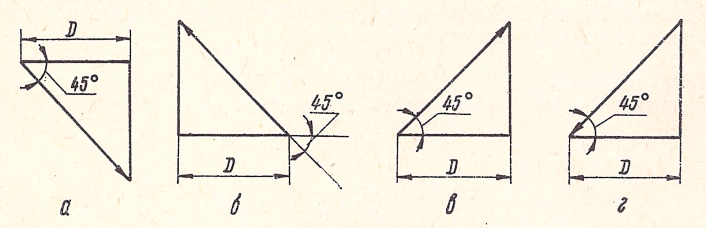


Рис. 38. Примеры программирования обработки фасок:
а — FAS, SP, D — 45; *б* — FAS, SL, D — 45; *в* — FAS, SP, D — 45; *г* — FAS, SL, D — 45.

Движение по спирали Архимеда. Общий вид инструкции: DSPR, TH, TK, E, [PO, PR], где TH — начальная точка спирали; TK — конечная точка спирали; E — точность аппроксимации; PO, PR — направление движения соответственно по часовой стрелке и против нее.

Пример:

```
DET, ПРИМЕР
. . .
TØ > Ø, Ø
LX > TØ, Ø
LY > TØ, 9Ø
L1 > TØ, 18
L2 > TØ, 71
K1 > TØ, 52
K2 > TØ, 64
T1 > L1, K2, YB
T2 > L2, K2, YB
DSPR, T1, T2, Ø.Ø1, PR
. . .
```

В этом примере задается движение по спирали Архимеда из точки T1 в точку T2 с точностью 0,01 против часовой стрелки.

ИНСТРУКЦИИ ОПИСАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ

Инструкции описания технологии предназначены для программирования различных вспомогательных, подготовительных и других функций станочного оборудования.

Все инструкции описания технологии (за исключением инструкции EKVD) интерпретируются постпроцессором. Это значит, что одна и та же инструкция описания технологии может передавать в управляющую программу совершенно разные функции в зависимости от того, как это предусмотрел программист-разработчик конкретного постпроцессора. Функции транслятора при этом сводятся к проверке синтаксиса инструкции, записи ее кода и параметров в промежуточный формат.

Пользователь, разрабатывающий исходную программу для некоторой детали, должен уточнить у разработчика построцессоров, как интерпретируется та или иная функция станка (например, какую инструкцию использовать для включения шпинделя, охлаждения, задания коррекции и т. д.), или воспользоваться инструкцией по эксплуатации постпроцессора.

Набор технологических инструкций реализован в трансляторе с некоторым избытком, и естественно, в каждой конкретной программе используются далеко не все технологические инструкции.

Задание имени программы. Общий вид инструкции: DET, любой текст.

Рекомендуется использовать инструкцию DET в качестве первой инструкции программы, указывая в правой ее части имя файла, содержащего данную программу. Например: DET, TI844.3

Комментарий. Общий вид инструкции: KOMEN, любой текст.

Эта инструкция отличается от инструкции комментария листинга тем, что комментарий в правой части передается в промежуточный формат и может быть распечатан постпроцессором в управляющей программе.

Пример:

KOMEN, БЦ-8.36Ø.84Ø-ТЕХН-ШЕВЧУК-ПР-ИВАНОВ

Задание подачи в программе. Общий вид инструкции:

А) F, TP
Б) F, TP, S

Примеры:

А) F, 1ØØ
Б) F, 5Ø, S

В примере А программируется подача 100 мм/мин. В примере Б программируется подача 50 мм/об.

Инструкция программирования подачи носит модальный характер, т. е. действует до отменяющей ее следующей инструкции подачи.

Программирование работы шпинделя. Общий вид инструкции:

А) S, VKL
Б) S, VIK
В) S, TP
Г) S, TP, PR
Д) S, TP, TP
Е) S, TP, TP, PR

Примеры:

А) S, VKL
Б) S, VIK
В) S, 1ØØ
Г) S, 1ØØ, PR
Д) S, 1ØØ, 2
Е) S, 1ØØ, 2, PR

В примерах программируются команды: А — включения шпинделя; Б — выключения шпинделя; В — включения шпинделя с оборотами 100 об/мин по часовой стрелке; Г — то же, против часовой стрелки; Д — включения шпинделя с оборотами 100 мин$^{-1}$ со ступенью 2 по часовой стрелке; Е — то же, против часовой стрелки.

Ускоренная обработка. Общий вид инструкции: USK.

Данная инструкция задает в программе ускоренную подачу, действующую только на одно последующее движение. Конкретное значение подачи задается постпроцессором.

Инструкции USK и F, 5ØØØ, устанавливая холостую подачу, меняют цвет при прорисовке штатным постпроцессором системы GRAF.

Задание допуска. Общий вид инструкции: DOPUSK, TP.

Пример:

DOPUSK, ØØ1

Инструкция интерпретируется постпроцессором.

Поиск инструмента. Общий вид инструкции:

INST, TP, TP, TP
INST, TP, TP
INST, TP

Примеры:

INST, 5, 6, 2
INST, 4, 3
INST, 2

Загрузка инструмента. Общий вид инструкции: ZAGR, TP.

Пример:

ZAGR, 15

Преобразование системы координат. Общий вид инструкции:

PRKOR, TP, TP, TP, TP
PRKOR, TP, TP, TP

Примеры:

PRKOR, 3, 10, 8, 12
PRKOR, 12, 2, 24

Инструкция интерпретируется постпроцессором.

Останов. Общий вид инструкции: STOP.

Условный останов. Общий вид инструкции: USTOP.

Конец фрагмента управляющей программы. Общий вид инструкции: KONEC.

Задание вспомогательной функции станка. Общий вид инструкции: VSPM, TP.

Пример:

VSPM, 25

Задание подготовительной функции станка. Общий вид инструкции: PODG, TP.

Пример:

PODG, 18

Пауза. Общий вид инструкции: PAUZA, TP.

Пример:

PAUZA, 60

Задание коррекции. Общий вид инструкции:

KOR, (SL, SP), TP, TP
KOR, (SL, SP), TP
KOR, TP
KOR, VIK

Поворот детали. Общий вид инструкции:

PVR, TP, TP, TP
PVR, TP, TP
PVR, TP

Управление командой охлаждения. Общий вид инструкции:

OHL, VKL
OHL, VIK

Управление прорисовкой. Общий вид инструкции:

RIS, VKL
RIS, VIK

Если программист предполагает прорисовать свою программу после расчета, то до первого движения в программе должна быть инструкция RIS, VKL.

В версиях В3, В4 ... инструкцию RIS можно не писать — прорисовка будет возможна в любом случае.

Выход в исходную точку. Общий вид инструкции:

DOMOJ, TP
DOMOJ

Отвод инструмента. Общий вид инструкции:

OTVOD

Задание специальной отметки. Общий вид инструкции:

OTMET, VKL
OTMET, VIK

Задание параметров разгона-торможения. Общий вид инструкции:

RAZGN, TP, TP, TP, TP
RAZGN, TP, TP, TP
RAZGN, TP, TP
RAZGN, TP

Задание циклов постпроцессора. Общий вид инструкции:

CIKL, VKL
CIKL, VIK
CIKL, TP, TP, TP, TP, TP, TP
CIKL, TP, TP, TP, TP, TP
CIKL, TP, TP, TP, TP
CIKL, TP, TP, TP
CIKL, TP, TP

Интерпретация этой инструкции как и предыдущих зависит от конкретного постпроцессора. Чаще всего эта инструкция применяется для задания циклов сверловки, зенковки, торцовки, расточки и т. д.

Управление состоянием робота. Общий вид инструкции: ROBOT, TP.

Пример:

ROBOT, 12

Управление манипулятором. Общий вид инструкции: RUKA, TP, TP.

Пример:

RUKA, X, Y

Инструкции RUKA и ROBOT интерпретируются специальным постпроцессором, реализующим систему команд конкретного робота, или постпроцессором специального станка с ЧПУ, в комплект которого входит робот (например, ТПК125 с роботом).

Выход в плоскость безопасности. Общий вид инструкции: PBEZ, TP.

Автоматический расчет эквидистанты. Общий вид инструкции:

EKVD, (SL, SP), TP

EKVD, VIK

Данная инструкция позволяет программировать непосредственно деталь, а траекторию инструмента (эквидистанту) получить автоматически — пересчетом геометрии детали.

Пример (рис. 39):

EKVD, SL, 5

На рис. 39 сплошной линией показан запрограммированный контур самой детали, пунктирной показана эквидистанта.

Сторона (SL, SP) указывает, в какую сторону смещается эквидистанта (влево, вправо) по отношению к детали с учетом направления движения.

Скалярная константа *5* в примере задает радиус фрезы, на который смещается траектория инструмента.

Инструкция включения автоматического расчета эквидистанты действует на все инструкции движения, вплоть до инструкции EKVD, VIK. В программе следует выделять прямолинейные участки подхода и отхода. При этом инструкция включения автоматического расчета эквидистанты должна стоять перед участком подхода, а инструкция выключения (EKVD, VIK) — перед участком отхода.

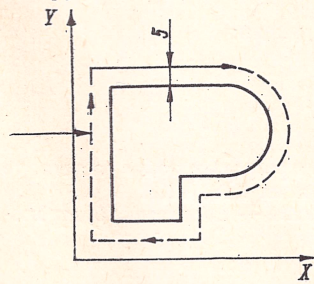


Рис. 39. Эквидистантная траектория.

Автоматическое сглаживание траектории. При программировании фрезерной обработки часто приходится сглаживать проектируемый контур дугами заданного радиуса. Это бывает необходимо для ввода коррекции на радиус фрезы в системах УЧПУ: Н33, ФС2К и др. При этом приходится определять в программе дополнительные окружности, используя инструкции определения их вписыванием в элементы контура. В языке системы имеется средство, позволяющее автоматически сглаживать проектируемый контур с требуемым технологу радиусом. Общий вид инструкций, реализующих указанное средство, следующий:

GLAD, R1, R2, F1 — включить автосглаживание;

GLAD, VIK — выключить автосглаживание,

где R1, R2 — радиус соответственно первого и второго видов скругления; F1 — величина подачи на скругляющих участках. В инструкции GLAD первой (R1) записывается величина радиуса скругления первого встречающегося в списке угла (внутреннего или внешнего), второй (R2) записывается величина радиуса скругления другого вида угла. Если внутренний или внешний углы скруглять не нужно, то R1 или R2 записываются равными нулю. Если подачу на сглаживающих дугах менять не нужно, то аргумент F1 в инструкции можно опускать.

Смысл приведенных инструкций заключается в следующем. Траектория движения инструмента, заданная инструкциями движения, записанными в программе между инструкциями GLAD, R1, R2, F1 и GLAD, VIK, сглаживается дугами радиусов R1 и R2. Если в траектории имеется уже сглаженный участок, то сглаживание на этом участке не производится. Произвольный контур не всегда можно сгладить дугой произвольного радиуса, при обнаружении такой ситуации транслятор выдает диагностику.

Пример:

```
. . .
GLAD, Ø.6, Ø, 1ØØ
DT, T22 — участок подхода
F, 2ØØ
DP, Ø, —33.6
DS, L1, L2, K3, L3, L4
GLAD, VIK
DT, T12 — участок отхода
. . .
```

При применении инструкций GLAD желательно выделять в программе прямолинейные участки подхода и отхода к сглаживаемому контуру. Если по обходу обработки нужно изменить радиус сглаживания, не обязательно писать инструкцию GLAD, VIK — достаточно записать инструкцию GLAD, R3 с новым радиусом сглаживания R3. Возможно применение инструкций автосглаживания совместно с инструкцией EKVD по схеме:

```
. . .
EKVD, (SL, SP), RFREZ
GLAD, R1, R2
ИНСТРУКЦИИ ДВИЖЕНИЯ
GLAD, VIK
EKVD, VIK
. . .
```

Очередность записи инструкций EKVD и GLAD не имеет значения. Транслятор сначала сдвигает траекторию по EKVD, а потом вписывает, где нужно, дуги по GLAD Наличие прямолинейных участков подхода и отхода в этом случае обязательно.

Конец программы. Общий вид инструкции: KO.

Инструкция KO должна быть единственной и последней в программе.

ИНСТРУКЦИИ УПРАВЛЕНИЯ ХОДОМ ТРАНСЛЯЦИИ

Инструкции управления ходом трансляции программы являются средством языка, позволяющим менять естественную последовательность инструкций, поочередно обрабатываемых транслятором. Эти инструкции позволяют организовать различные циклические и ветвящиеся программы.

Безусловный переход. Общий вид инструкции: NA, MT.

Пример:

```
NA, : 1
```

С помощью приведенной в примере инструкции осуществляется безусловный переход на инструкцию, помеченную меткой : 1. Перед помеченой инструкцией стоит метка, например

```
NA, : M3A
. . . . . . .
. . . . . . . .
. . . . . . .
: M3A
DT, T5 — помеченная инструкция
```

Управление счетчиком строк. Общий вид инструкции: STR, TP.

Данная инструкция выполняет безусловный переход на инструкцию, номер которой получается сложением номера текущей инструкции (т. е. инструкции STR) с целым значением терма в правой части инструкции STR.

Например, если инструкция STR имеет номер 10 (10-я строка программы), то инструкция STR, 5 передает управление на 15-ю строку (10 + 5 = 15).

Примеры:

```
STR, 18
STR, —2
STR, X + 4
STR, XA 2C
```

Условный переход. Общий вид инструкции: ES, TP, (BOL, RAV, MEN), TP, MT.

Инструкция осуществляет условный переход на указанную в ней метку, если условие выполняется. Если оно не выполняется, то транслируется следующая инструкция.

Пример:

ES, N, BOL, 5, : 2
X = 0

В примере осуществляется переход на метку : 2. В противном случае выполняется инструкция X = 0.

Соответствие отношений: BOL — «больше», RAV — «равно», MEN — «меньше».

Переход к подпрограмме. Общий вид инструкции: CAL, MT.

Инструкция осуществляет переход к подпрограмме, начинающейся меткой, приведенной в правой части инструкции.

Подпрограмма — это последовательность инструкций, начинающаяся с метки и заканчивающаяся инструкцией RET (возврат).

Пример:

```
: M1
S, VKL
DS, T1, T2, 100, L3, L4, L5, L6, 5000
S, VIK
RET
```

Инструкция перехода к подпрограмме позволяет повторять в программе трансляцию некоторых ее фрагментов. Например, многократно проходить по одному и тому же списку.

Пример задания подпрограммы:

```
: PP1
DS, L1, K2, K3, K4, XB, L3, T4
RET
```

Пример вызова подпрограммы : PP1:

```
CAL, : PP1
```

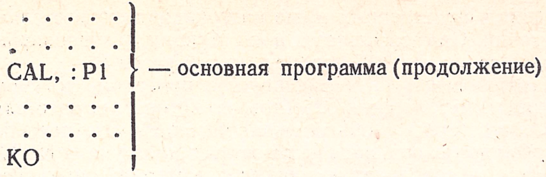
После выполнения подпрограммы транслируется инструкция, следующая за вызовом. Подпрограммы могут быть вложенные, т. е. в самой подпрограмме может быть вызов другой подпрограммы и т. д. Допустимый уровень вложения для данной версии транслятора — не более трех.

Подпрограмма пишется в тексте основной подпрограммы (той программы, из которой производится вызов подпрограммы) и значения переменных в основной программе автоматически действуют и в подпрограмме.

Не требуется организовывать передачу параметров из основной программы в подпрограмму и обратно. Метка в начале подпрограммы является одновременно и ее именем. Имя подпрограммы должно быть единственным. Вход в подпрограмму возможен только по инструкции CAL. Выход только по инструкции RET. По этой причине рекомендуется группировать описание подпрограмм в каком-то одном месте основной программы. А это место можно «обойти», например, используя инструкцию безусловного перехода.

Пример:

```
DET          )
. . . . .    |
. . . . .    |
CAL, : P1    } — основная программа
. . . . .    |
. . . . .    |
CAL, : P2    )
NA, ; M1              )
: P1                  |
DS, K1, K2, T3        |
RET                   |
: P2                  } — описание подпрограммы
X = FS (Y — 3.14/2)   |
RET                   |
: M1                  )
```



В примере из основной программы осуществляется вызов двух подпрограмм P1, : P2 из разных мест основной программы. Место описания подпрограмм : P1, : P2 обходится инструкцией безусловного перехода NA, : M1. Никаких особых ограничений на содержание подпрограмм нет. Но следует придерживаться правила: недопустимо осуществлять безусловный переход из подпрограммы в вызывающую программу и обратно. Имена меток должны быть единственными в вызывающей программе и подпрограммах.

Кроме описанного аппарата подпрограмм в языке системы имеется макроаппарат, позволяющий пользователю создавать свою макробиблиотеку. Макроаппарат является более гибким средством, чем подпрограммы, и позволяет пользователю создавать свои специализированные языковые конструкции — например средства эффективного программирования карманов и окон фрезерования. Однако если пользователю нужна высокая скорость трансляции, то желательно использовать аппарат подпрограмм.

ИНСТРУКЦИИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ СИСТЕМЫ КООРДИНАТ

Указанные инструкции бывают двух типов: объявления матриц преобразования, копирования (транспонирования).

Инструкции объявления матриц уточняют, какое преобразование над геометрическими объектами надо выполнить. В языке возможны преобразования двух типов: с симметричным копированием (рис. 40), сдвигом и (или) поворотом.

Общий вид инструкции:

А) MATR, [ИМЯ], ИП — для зеркального копирования;
Б) MATR, [ИМЯ], ТР, ТР, ТР — для сдвига и поворота;
В) MATR, [ИМЯ], ТР — для поворота.

Инструкция объявления матрицы зеркального копирования содержит имя матрицы (любой скалярный идентификатор), а также идентификатор прямой, относительно которой производится зеркальное копирование, например:

MATR, M1, LY

В примере объявляется матрица зеркального копирования под именем M1 относительно прямой LY.

Рис. 40. Зеркальное копирование контура.

Инструкции объявления матриц сдвига или поворота содержат имя объявляемой матрицы и три параметра, которые могут быть скалярными константами или переменными. Первый параметр — угол поворота, второй — приращение координаты X, третий — приращение координаты Y.

Варианты записи инструкции с одним параметром соответствуют случаю, когда требуется только поворот.

Примеры:

MATR, MX, —45, 22.3, 16
MATR, X, 90

В первом примере объявлена матрица под именем MX, задан угол поворота —45° и приращение координат X и Y соответственно 22,3 и 16.

Во втором примере объявлена матрица под именем X и указан угол поворота 90°.

Поворот и сдвиг в приведенных выше инструкциях осуществляется относительно определенной точки. Она указывается в инструкции транспонирования TRN. Если требуется только сдвиг, первый параметр (угол) равен Ø.

Инструкция копирования TRN фиксирует в программе тот момент, начиная с которого параметры геометрических объектов, по которым осуществляется движение, преобразуются в соответствии с объявленной матрицей. Это преобразование производится транслятором до тех пор, пока не встретится инструкция NETRN. Инструкции преобразования системы координат не меняют параметров, определенных в программе геометрических объектов.

Общий вид инструкции копирования:

А) TRN, [ИМЯ]

Б) TRN, [ИМЯ], ИТ

Инструкция А включает копирование по матрице зеркального преобразования. Инструкция Б включает копирование сдвигом-поворотом. Примеры:

TRN, M1

TRN, M1, T12

В примере включается транспонирование сдвигом-поворотом в соответствии с матрицей M1 относительно точки T12. Оба типа копирования выключаются инструкцией NETRN.

В одной программе может быть объявлено несколько различных матриц преобразования, но одновременно допустимо включить копирование только по одной матрице.

Если в качестве имени любой матрицы используется скалярная переменная без индекса (простая скалярная переменная), то прежде чем использовать ее в качестве имени матрицы, ее надо ввести в таблицу идентификаторов любой вычислительной инструкцией.

Пример:

MA4B = Ø

После этого переменную MA4B можно использовать в качестве имени матрицы. Если в качестве имени матрицы использована скалярная переменная с индексом, то указанные операции можно не делать.

ИНСТРУКЦИИ ОБЪЯВЛЕНИЯ И ОТМЕНЫ МАССИВОВ

Предназначены для объявления скалярных и геометрических массивов и отмены геометрических массивов.

Объявление геометрического массива. Общий вид инструкции: GMAS, [ИМЯ], ТР.

Имя, заданное в инструкции, представляет собой идентификатор геометрической переменной. Терм представляет собой скалярную константу, описывающую размерность объявляемого массива.

Пример:

GMAS, T3A, 2ØØ

В примере объявляется массив точек под именем T3A, резервируемый на 200 элементов. Одной инструкцией может быть объявлен только один массив. Для данной версии транслятора в одной программе допустимо объявление не более 10 геометрических массивов объемом не более 1000 элементов.

Если возникает необходимость объявить более 10 геометрических массивов или объявить несколько массивов общим объемом более 1000 элементов, то следует действовать по схеме: зарезервировать допустимое число массивов с допустимым объемом; использовать объявленнные массивы в инструкциях движения или технологии; используя инструкцию OTMEN, отменить объявленные геометрические массивы; объявить оставшуюся часть массивов; использовать их в инструкциях движения; перейти к ПЗ, если требуется продолжить.

Таким образом, возможна работа с геометрическими массивами практически бесконечной размерности.

Объявление скалярных массивов. Общий вид инструкции: MAS, [ИМЯ], ТР.

В качестве имени используется идентификатор скалярной переменной. Терм в инструкции — скалярная константа, уточняющая размерность массива. В данной версии транслятора допустимо объявление в одной программе не более 5 скалярных массивов общим объемом не более 500 элементов. Инструкция OTMEN на скалярные массивы не действует.

Пример:

MAS, X, 1ØØ

Инструкция резервирует скалярный массив под именем X с объемом 100 элементов.

ИНСТРУКЦИИ ВВОДА, ВЫВОДА И ВЫЧИСЛЕНИЙ

Инструкции позволяют программировать ввод данных в геометрические массивы (массивы точек) и вывод скалярных значений на терминал (печать).

Ввод в массив точек. Общий вид инструкции: VVODT, [спецификация файла], [имя массива точек], TP.

Под спецификацией файла подразумевается запись вида:

N : Имя Ф. Тип

где N — имя диска; Имя Ф.— имя файла на этом диске; Тип — тип файла (может быть опущен). Например:

D : GEO · TTT

Имя массива точек — геометрический идентификатор, указывающий имя массива точек, в который будет производиться ввод.

Терм — скалярная константа, показывающая, сколько элементов массива точек должно быть заполнено при вводе.

Пример: VVODT, D : FA., T, 160

В примере программируется ввод координат X, Y, Z из файла FA (тип опущен), расположенного на диске D: в массив точек под именем T с заполнением первых 160 элементов этого массива.

Массив точек, указанный в инструкции, должен быть предварительно объявлен инструкцией GMAS. Координаты точек считываются из файла по записям. Одна запись содержит три координаты: X, Y, Z для каждого элемента массива точек. Указанная операция ввода соответствует форматному вводу Фортрана FORMAT (3F14.4) для файлов последовательного доступа.

Предполагается, что файл на указанном диске заранее подготовлен Фортран-программой, реализующей форматный вывод координат по указанному 5-му формату. Файл может быть подготовлен обычным текстовым редактором.

Основное предназначение описанной инструкции — обеспечить 3 координатную обработку. Отдельная Фортран-программа интерполирует некоторую поверхность по 3 координатам. Результат интерполяции заносится на диск в виде записей, каждая из которых содержит координаты очередной точки поверхности. Далее этими координатами заполняется массив точек в исходной программе на языке системы — инструкция VVODT. Затем обычным способом организуется движение по массиву определенных таким образом точек, реализуется тем самым 3 координатная обработка.

По сути, одна инструкция VVODT заменяет значительное количество инструкций геометрических определений элементов массива точек. Ниже приведен пример программы, использующий координаты точек, считанных с диска DKØ:, файл FTN1.DAT:

```
DET, Y.
¤¤ПРИМЕР — ВВОДА — В — МАССИВ — ТОЧЕК:
GMAS, T, 1ØØ
NT, Ø, Ø
¤¤ ОДНА — ИНСТ. ВВОДА — ЗАМЕНЯЕТ — ЗДЕСЬ
¤¤ — 1Ø — ОПРЕДЕЛЕНИЙ — ТОЧЕК.
VVODT, DKØ : FTN1.DAT, T, 1Ø
N = 1
: 2
X = FX (T (N))
Y = FY (T (N))
Z = FZ (T (N))
DT, X, Y, Z
N = N + 1
ES, N, BOL, 1Ø, : 1
NA, : 2
: 1
KO
```

Образовать файл FTN1.DAT можно таким фрагментом в Фортран-программе:

```
. . .
. . .
WRITE (1, 1Ø) X, Y, Z
1Ø FORMAT (3F14.4)
. . .
. . .
END
```

При этом каждый оператор WRITE заносит на диск одну запись: X, Y, Z.

Другим важным значением инструкций ввода в массив точек является возможность связи по геометрическим и скалярным данным с другими системами автоматизации проектирования, например САПР конструктора.

При использовании канонических функций возможен ввод в программу скалярных величин.

Вывод. Общий вид инструкции: VIVOD, TP.

Инструкция программирует вывод на экран (печать) одного скалярного значения в фиксированном формате FORMAT (F14.4)

Пример:

```
X = 2
Y = 3
VIVOD, X + Y
```

В приведенном примере на экран выдается сообщение: Выводимое значение = = 5.0000

Примеры:

```
VIVOD, 2.15
VIVOD, 2 + X * FS (Y — PI/2)
VIVOD, X1
```

Описанную инструкцию можно использовать для вывода результатов инженерных расчетов, при отладке программы (распечатки параметров циклов, значений переменных и т. д.).

Вычислительные инструкции. Общий вид инструкции: TP = TP.

Терм в левой части инструкции должен быть скалярной переменной. Данная инструкция по своему назначению соответствует оператору присваивания в Фортране и является основным вычислительным средством языка.

Примеры:

```
X = Ø
Y = X
X1 = —X1
A = X * FS (FK (X ↑ 2 — 4)) + Ø.5
```

Предположим, в программе нужно вычислить расстояние между двумя точками T1 и T2. Это можно выполнить так:

```
D = FK ((FX (T1) — FX (T2)) ↑ 2 + (FY (T1) — FY (T2)) ∧ 2)
```

Вычислительные инструкции, инструкции управления ходом программы, инструкции ввода и вывода позволяют программировать инженерные расчеты средней сложности.

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММ НА ФОРТРАНЕ

Возможности системы ИНТЕРСАП можно существенно расширить, используя совместное программирование на языках Фортран и ИНТЕРСАП. Пользователь пишет нужную программу на Фортране, транслирует, компонует ее. В нужном месте ИНТЕРСАП-программы пишется инструкция запуска Фортран-программы, которая запускается как автономное задание в момент трансляции ИНТЕРСАП-программы, при этом транслятор системы ожидает завершения Фортран-программы. Возможна передача данных между обеими программами. Для обмена данными используется специальная подпрограмма, которую пользователь должен прикомпоновать к своей Фортран-программе. Для обмена данными в обе стороны монитор РАФОС должен быть сгенерирован с двумя почтовыми ящиками, как минимум на одно сообщение каждый. Длина сообщения не менее 38 байт. Синтаксис инструкции запуска Фортран-программы следующий:

START, (спецификация командного файла)

где спецификация командного файла содержит команду монитора RUN запуска Фортран-программы. В спецификации файла в качестве устройства можно указывать только системный диск:

DK0:, DP0: ...

Передать данные можно и при помощи рассмотренного выше средства считывания файла в массив точек, но считываемый файл должен быть на системном диске.

Пример. Пусть имеется Фортран-программа, которая вычисляет подачу по очень простой формуле (метод расчета подачи здесь непринципиален). Нужно запустить из ИНТЕРСАП-программы Фортран-программу и воспользоваться расчетными значениями подачи, присвоив эти значения трем переменным ИНТЕРСАП-программы: F1, F2, F3. В этом случае ИНТЕРСАП-программа может быть такой (фрагмент):

```
DET, ПРИМЕР
  . . .
  . . .
F1 = 0 ЗАНЕСТИ ИМЕНА В ТАБЛИЦУ СИМВОЛОВ
F2 = 0
F3 = 0
NT, T1
  . . .
  . . .
¤¤ЗАПУСК КОМАНДНОГО ФАЙЛА С ФОРТРАН-ПРОГРАММОЙ
START, DP0: A1.COM
VIVOD, F1 РАСПЕЧАТКА ПОЛУЧЕННЫХ, ЗНАЧЕНИЙ ДЛЯ КОНТРОЛЯ
VIVOD, F2
VIVOD, F3
¤¤ ИСПОЛЬЗУЕМ РАСЧЕТНЫЕ ЗНАЧЕНИЯ:
F, F1
  . . .
DS, L1, L2, F2, L3, K1, F2, ...
  . . .
KO
```

В примере идет передача значений из Фортран-программы, сама Фортран-программа может быть такой:

```
C АВТОНОМНОЕ ЗАДАНИЕ-ПРОГРАММА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ
C ФАЙЛ
C НА ФОРТРАНЕ (ПРИМЕР)
C НУЖНО ВЫЧИСЛИТЬ ПОДАЧУ ПО ПРОСТОЙ ФОРМУЛЕ
C И ПЕРЕДАТЬ 3 ЗНАЧЕНИЯ
C В ИНТЕРСАП-ПРОГРАММУ, ПРИСВОИВ ПОЛУЧЕННЫЕ
C ЗНАЧЕНИЯ ТРЕМ ПЕРЕМЕННЫМ
C В ИНТЕРСАП-ПРОГРАММЕ: F1, F2, F3
                         BYTE B6(6)
                         REAL * 8X
                         DO 1 J = 1, 6
                         B6 (J) = 40
C ПЕРВЫЙ ИДЕНТИФИКАТОР
                         B6(1) = 'F'
1                        B6(2) = '1'
          X = 24.5 + 16.5! ВЫЧИСЛЯЕМ ПОДАЧУ
          KOP = 1 ! ФЛАГ ПЕРВОЙ ПЕРЕДАЧИ
C ПЕРЕДАЕМ ЗНАЧЕНИЕ X В ИНТЕРСАП-ПРОГРАММУ
                    CALL PILOT (KOP, B6, X)
                    KOP = 0! ФЛАГ СБРОСИТЬ
C ВТОРОЙ...
                 B6(2) = '2' ! ПЕРЕМЕННАЯ F2
                 X = 183.12.
                 CALL PILOT (KOP, B6, X)
C ТРЕТИЙ...
                B6(2) = '3' ! ПЕРЕМЕННАЯ F3
                X = SQRT (144.2)
                CALL PILOT (KOP, B6, X)
```

```
             STOP 'КОНЕЦ АВТ. ЗАДАНИЯ'
             END
C ПОДПРОГРАММА-ПЕРЕДАТЧИК
             SUBROUTINE PILOT (KOP, B6, X)
C KOP-КОД ПЕРЕДАЧИ, ПРИ ПЕРВОМ ОБРАЩЕНИИ KOP-1!
             BYTE BZ(32), B6(6)
             REAL * 8 SKL(2), X
             EQUIVALENCE (BZ, SKL)
             DO 4 J = 1, 6
4            BZ(J) = B6(J)
             SKL(2) = X
3            IF (KOP.EQ.1) GOTO2
             CALL PUT1 (BZ, N)
C! ПОСЛАТЬ СООБЩЕНИЕ В ПОЧТОВЫЙ ЯЩИК
             IF (N.NE.Ø) GOTO3
             RETURN
2            CALL PUT1 (BZ, N)
             RETURN
             END
КОМАНДНЫЙ ФАЙЛ A1.COM СОДЕРЖИТ СТРОКУ:
                                         RU A1
ФАЙЛЫ A1.COM и A1.SAV ДОЛЖНЫ
                    БЫТЬ НА СИСТЕМНОМ ДИСКЕ
```

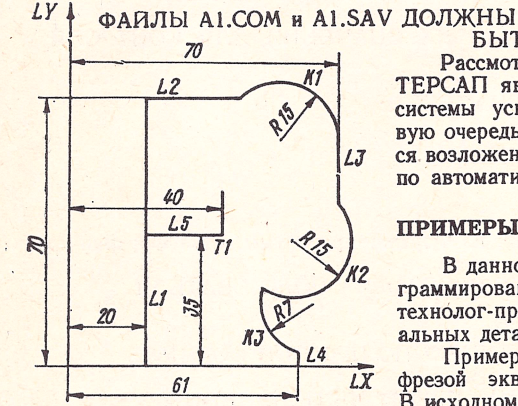


Рис. 41. Пример сложного контура:
K1 (55, 60); K2 (59, 33); K3 (63, 18).

Рассмотренное средство языка системы ИНТЕРСАП является мощным средством развития системы усилиями самих пользователей. В первую очередь под таким развитием подразумевается возложение на САП дополнительных функций по автоматизации этапов ТПП.

ПРИМЕРЫ ПРОГРАММИРОВАНИЯ

В данном разделе приведены примеры программирования, которыми может пользоваться технолог-программист при проектировании реальных деталей.

Пример. Требуется запрограммировать обход фрезой эквидистанты, показанной на рис. 41. В исходном состоянии фреза находится в точке T1 с координатами, мм: X = 40, Y = 35, Z = 180.

Фреза должна опуститься в точке T1 по координате Z до уровня 100 мм и пройти по контуру, показанному на рисунке. Направление обхода для окружности K1 — по часовой стрелке. Полный листинг программы приведен ниже.

```
DET, C333.1
KOMEN, ДЕТАЛЬ — БЦХХХХХ — ТЕХНОЛОГ — СИДОРОВ
¤¤ — ПРИМЕР ПРОСТОЙ ФРЕЗЕРНОЙ ПРОГРАММЫ
TØ > Ø, Ø
LX > TØ, Ø
LY > TØ, 9Ø
T1 > 4Ø, 35, 18Ø
L1 > LY, XB, 2Ø
L2 > LX, YB, 7Ø
K1 > 55, 6Ø, 15
L3 > LY, XB, 7Ø
K2 > 59, 33, 15
K3 > 63, 18, 15
L4 > LY, XB, 61
L5 > T1, Ø
NT, T1
F, 5ØØØ
```

```
18 DZ, 100
19 S, 2000
20 OHL, VKL
21 DS, 100, L5, L1, L2, K1, L3, YB, K2, YM, K3, 60, PR, L4, 100, LX, L1, L5
22 S, VIK
23 F, 5000
24 DZ, 180
25 DT, T1
26 KO
```

Программа начинается с инструкции DET(1). В ее правой части указано имя файла, в котором находится программа. Эта информация нужна для оператора ЭВМ. Дальше следуют комментарии (2, 3). После комментариев идет часть программы, в которой определяются необходимые для программирования обработки точки, прямые, окружности (инструкции 4—15). Все указанные геометрические объекты задаются в плоскости XY, т. е. Z = 0, кроме объектов, у которых координата Z задана явно (здесь T1). Эта особенность языка позволяет гибко программировать обработку на различных уровнях Z. При этом переход с одного уровня на другой осуществляется инструкциями движения (DZ и DT с задаваемым значением Z), т. е. не требуется переопределять геометрические объекты для одного и того же контура на разных уровнях Z.

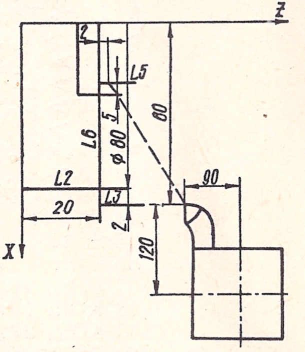


Рис. 42. Программа обработки детали на токарном станке.

В инструкции 16 задается исходная точка. Инструкция задания исходной точки должна быть единственной в программе. Если исходная точка не задана, то транслятор примет за исходную точку с координатами 0, 0, 0. Дальше в листинге следует инструкция подачи 17. Опускание по Z и подход к обрабатываемому контуру делается на холостом ходу (5000 мм/мин). Такая величина холостого хода принята для того, чтобы графический постпроцессор при поступлении такой подачи изменял цвет прорисовки на графопостроителе. Подача 5000 является холостым ходом для всех моделей станков, но она никогда не попадает в кадры управляющей программы потому, что любой постпроцессор усечет ее до допустимого значения (для станка 652 003, например до 1200).

Дальше следуют инструкции опускания по Z — 18, включения шпинделя — 19, включения охлаждения — 20. Инструкция движения по списку 21 задает обход требуемого контура. Весь контур обходится на подаче 100, а окружность K3 — на подаче 60. Следует отметить, что при движении в точку пересечения L2 с K1 модификатор XM можно не писать (правило умолчания). По этой же причине не указано направление (PO) обхода окружности K1. При программировании точки касания K1 с L3 (см. рис. 30) модификатор можно не писать. При определении точки пересечения L3 с окружностью K2 пишется модификатор YB. Его можно написать и перед прямой L3. Окружность K2 обходится по часовой стрелке. По окружности K2 программируется движение до пересечения в точке определяемой окружности K3 с модификатором YM. Его нужно писать обязательно, так как после появления в списке модификатора YB правило умолчания уже не действительно (каждый последующий модификатор или направление отменяет предыдущий). Окружность K3 обходится против часовой стрелки (PR) до пересечения с прямой L4. Здесь можно было бы написать модификатор YM, но такой модификатор уже установлен раньше и поэтому его можно не писать. Заканчивается список движением по точкам пересечения прямых: L4, LX, L1, L5.

В инструкции 22 выключается шпиндель (в некоторых станках по этой же инструкции выключается и охлаждение). Дальше на холостой подаче следует подъем по Z (инструкция 24) и выход в исходную точку (инструкция 25). Завершает программу инструкция KO (26).

Если бы на рис. 39 был изображен контур детали, а не эквидистанта, то в программу нужно было бы вставить две инструкции:

EKVD, SP, R — перед инструкцией 21;
EKVD, VIK — перед инструкцией 22,

где R — радиус фрезы, например R = 5.

На рис. 42 дан пример программы токарной обработки детали. Как и фрезерная токарная программа состоит из двух частей (геометрические определения и технология). За основу взята реальная деталь и поэтому в тексте программы присутствуют инструкции включения коррекции и загрузки инструмента. В терминах токарной программы ось абсцисс обозначена идентификатором LZ, а ось ординат — LX. Для токарной программы инструкции EKVD лишены смысла, так как при токарной обработке всегда программируется эквидистанта. Инструкция DOMOJ заменяет инструкцию DT, T1. В токарных программах обработка всегда задается в плоскости XY, т. е. перемещения по Z отсутствуют. Никаких других особенностей токарные программы не имеют. Листинг токарной программы приведен ниже.

```
DET, B777.1
KOMEN, БЦXXXXX — ТЕХНОЛОГ — СИДОРОВ
¤¤ — ПРОСТАЯ — ТОКАРНАЯ
T0 > 0, 0
LZ > T0, 0
LX > T0, 90
T1 > 80, —80
L1 > LZ, YM, 80
L2 > LZ, YM, 75/2
L3 > L2, YM,1
L4 > LZ, YM, 38/2
L5 > L4, YB, 1
L6 > LX, XB, 14.42
NT, T1
S, 400
INST, 1, 120 90
OHL, VKL
KOR, 101
KOR, 202
DS, 1200, L1, L6, L3
DS, 80, L6, L5
KOR, VIK
DOMOJ
OHL, VIK
INST,1, 120, 90
KO
```

Геометрические определения можно писать в программе в любом месте, но до использования имен определяемых объектов.

Пример. Предполагается, что пользователь уже описал в своей программе ряд геометрических объектов и определил массив точек, например 100. Дальше ему требуется обойти поочередно все точки, выполняя в каждой из них одну из стандартных операций, например сверление, зенковку и т. д.

Ниже приводится вариант фрагмента программы, реализующей требуемый обход:

```
DET, X
GMAS, T, 100
 . . . . . . . . . . . . . . . . .
 . . . . . . . . . . . . . . . . .
N = 1
: M2
DT, T(N)
CAL, : PP1
N = N + 1
ES, N, BOL, 100, : M1
NA, : M2
: M1
 . . . . . . . . . . . . . . . . .
 . . . . . . . . . . . . . . . . .
KO
```

В приведенном фрагменте осуществляется движение по массиву точек T. В каждой точке выполняется требуемая операция (подпрограмма : PP1).

Цикл в приведенном фрагменте можно организовать несколько иначе, используя инструкцию управления счетчиком строк:

```
DET, X
GMAS, T, 100
. . .
N = 1
DT, T(N)
CAL, : PP1
N = N + 1
ES, N, BOL, 100, : M1
STR, —4
: M1
. . .
KO
```

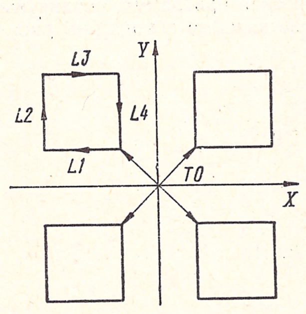


Рис. 43. Многократное повторение контура.

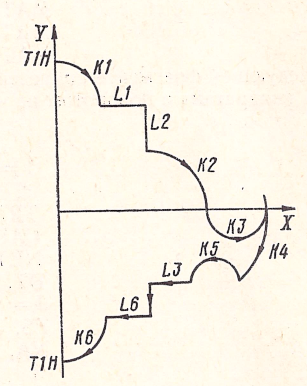


Рис. 44. Контур для тест-программы.

Пример. Предполагается, что пользователь определил геометрические объекты, составляющие некоторый контур K1, L1, L2, L3 (см. рис. 29). Обход определенного контура пользователь запрограммировал списком в подпрограмме: PP1

```
STR, +4
: PP1
DS, L2, L3, K1, L1, L2, L3
RET
```

Требуется запрограммировать обход зеркальной копии указанного контура. Это можно выполнить следующим образом.

Сначала программируют обход заданного контура:

```
CAL, : PP1
DT, T0
```

Далее описывают матрицу зеркального копирования под именем M относительно прямой LY, включают операцию копирования (инструкция TRN, M) и обходят зеркальный контур:

```
M = 0
MATR, M, LY
TRN, M
CAL, : PP1
NETRN
DT, T0
. . . . . . . . .
. . . . . . . . .
KO
```

В приведенном примере можно было и не использовать подпрограмму, объявив список: SPIS, S1, L2, L3, K1, L1, L2, L3. Вместо вызова подпрограммы можно написать: DS, S1.

Пример. Предполагается, что пользователь определил геометрические элементы L1, L2, L3, L4 (рис. 43), составляющие некоторый контур. Затем запрограммировал его обход при помощи подпрограммы PP1 и инструкции движения по списку:

```
STR, +4
: PP1
DS, L1, L2, L3, L4, L1
RETØ
```

Требуется запрограммировать обход по контуру, повернутому три раза относительно заданного. Сначала записывают обход заданного контура:

```
CAL, : PP1
DT, TØ
```

Дальше списывают матрицу поворота под именем M как массив из трех элементов:

```
MAS, M, 3
MATR, M(1), —9Ø
MATR, M(2), —18Ø
MATR, M(3), —27Ø
```

В следующем фрагменте приведена циклическая программа, реализующая обход «по трем квадратам» с поворотом на —90° после каждого обхода (см. рис. 43)

```
. . .
. . .
J = 1
:2
TRN, M(J), TØ
CAL, :PP1
NETRN
DT, TØ
J = J + 1
ES, J, BOL, 3, :1
NA, :2
:1
. . .
```

Пример. Ниже приведен фрагмент программы, задающей движение по списку геометрических элементов (рис. 44):

T1H, K1, L1, L2, K2, K3, K4, K5, L3, L6, K6, T1K

При этом движение по элементам K1, L1 производится на подаче 5000 (холостой ход), а движение по элементам L2, K2, K3, K4 — на рабочей подаче 50. Список оформляется как подпрограмма :P1

```
STR, +5
:P1
DS, 5ØØØ, T1H, K1, XB, L1, L2, 5Ø, YB, K2, K3, PR, XB, K4
DS, K4, PO, XB, K5, PR, 5ØØØ, L3, L6, XB, PO, K6, T1K
RET
```

В комплекте системы имеется тест-программа TEST1 (файл ТЕСТ1), в которой описывается движение по аналогичному контуру с использованием матрицы симметричного копирования. Рекомендуется ознакомиться также с тест-программой TEST.BTL, входящей в комплект системы ИНТЕРСАП.

Перечень рекомендаций для пользователя, не имеющего опыта работы с системой, приведен ниже.

Чтобы программа выполнялась быстрее и занимала меньше памяти, программа обработки несколькими инструментами должна быть организована по принципу: сначала идут инструкции определения геометрических объектов, далее инструкции движения и технологии, заканчивающиеся инструкцией STOP. Для следующего инструмента программа составляется аналогично и т. д. При этом желательно многократно использовать идентификаторы геометрических переменных для разных инструментов. Например, если идентификатор T1 используется для 1-го инструмента, то его желательно использовать и для 2-го и т. д.

Следует по возможности группировать в тексте однотипные геометрические определения.

Бóльшая часть ошибок допускается начинающим пользователем при программировании инструкций движения по списку. Следует отметить, что неверное написание

модификатора или направление в списке, например XO вместо XM, приведет к появлению нулевой подачи, которая будет обнаружена транслятором. Это происходит потому, что любая скалярная переменная в списке воспринимается как подача.

Следует различать инструкции DS, L1, K1 и DS, K1, L1. В первой программируется движение только в точку пересечения (касания) L1 и K1, а во второй — движение по окружности K1 до пересечения (касания) с прямой L1.

При отладке программ, содержащих сложные циклы, следует вводить в программу инструкции вывода параметров цикла. Это позволит пользователю следить за тем, как программа «идет по кольцу» соответствующего цикла.

Приступая к разработке программы для конкретного станка, необходимо ознакомиться с инструкцией по эксплуатации постпроцессора. При этом следует обращать внимание на программирование коррекции, смены инструмента и других специфических функций системы УЧПУ.

МАКРОАППАРАТ СИСТЕМЫ

Гибкость САПР УП в значительной степени определяется гибкостью языка системы. Одним из факторов, существенно влияющим на гибкость языка, является способность системы обеспечить его перестройку. Последняя выполняется с целью введения в него новых более эффективных конструкций для проектирования специфических конструктивных элементов деталей, например, карманов фрезерования или сложных ступенчатых валов токарной обработки. Проектирование указанных элементов средствами ИНТЕРСАП трудоемко в силу высокой универсальности этих средств. Перестраивать язык можно двумя способами: вводом новых более эффективных средств с соответствующей перестройкой транслятора системы; созданием новых конструкций языка из имеющихся базовых конструкций, не перестраивая транслятор системы.

Перестройка первым способом не под силу пользователю-технологу, поскольку требует от него специальных знаний в области проектирования трансляторов. Кроме того, бесконечная перестройка транслятора и невозможна в силу ограниченности ресурсов мини-ЭВМ. Гораздо перспективнее перестройка вторым способом. Для этого в системе ИНТЕРСАП имеется специальное средство — универсальный макроаппарат, базирующийся на универсальном макрогенераторе (УМГ).

Идея использования макроаппарата для свертывания текстов исходных программ заключается в следующем.

Фрагменты текста исходной программы заменяются макровызовами, которые в процессе работы макрогенератора автоматически заменяются макроопределениями, извлекаемыми из специальной макробиблиотеки. При этом формальные параметры в макроопределении заменяются фактическими из макровызова. Макробиблиотека создается один раз самим пользователем и пополняется в процессе работы новыми макроопределениями. Файл макробиблиотеки может быть создан и отредактирован обычным текстовым редактором EDIT. Файл макробиблиотеки является общим для всех пользователей. Таким образом, заполнив макробиблиотеку, пользователь при программировании на языке системы имеет возможность вместо записи нескольких строк записать только одну — макровызов. Этим существенно снижается трудоемкость программирования на языке ИНТЕРСАП.

В системах-аналогах СПД-ЧПУ, АПТ-СМ, БЕРТ-34, ТЕХТРАН-СМ и других также имеется макроаппарат, но использование его для создания новых высокоэффективных языковых конструкций затруднительно по причине ограниченного объема информации, передаваемой в макроопределение через список параметров. Так, в указанных системах параметров в макровызове могут быть объекты только двух типов: идентификатор или константа. В то же время для эффективного описания при помощи макроаппарата, например процесса фрезерования кармана, имеется необходимость передать в макроопределение модификаторы прямых, ограничивающих карман, или направление его обхода (по или против часовой стрелки).

Для создания новых высокоэффективных языковых конструкций из базового набора необходимо, чтобы была возможность передавать через макровызов любые элементы этих базовых конструкций: ключевые слова, метки, модификаторы, направления, разделители, целые фрагменты строк. Необходима также возможность передавать в качестве формальных параметров имена макровызовов, вложенных в вызванное макроопределение.

Принцип использования макроаппарата в системе «ИНТЕРСАП» следующий: пользователь пишет обычную программу на языке системы, но вместо записи определенных фрагментов записывает строки-макровызовы. Синтаксис строки макровызова:

```
> [Имя макровызова]; [параметр 1]; [параметр 2]; [параметр N]
```

Именем макровызова может быть от одного до шести любых символов, кроме ГТ, ВК, ПС, точки с запятой и пробела. Параметры отделяются в строке один от другого символом «;». Примеры макровызовов:

```
> MACRO1; XB; XM; 2 + K; —12.345
```

Здесь имя макровызова MACRO1, параметры: XB, XM, 2 + K, —12.345;

```
> DDD; T3A > L1, L2; VNE
```

здесь имя макровызова DDD, параметры: T3A > L1, L2, VNE.

Следует обратить внимание на то, что запятая также может фигурировать в макровызове как параметр или его часть.

Для того чтобы применять приведенные выше в примерах макровызовы MACRO1 и DDD, пользователь предварительно должен занести в файл макробиблиотеки соответствующие макроопределения. Файл макробиблиотеки является обычным символьным файлом и может быть создан или отредактирован обычным редактором EDIT. Синтаксис макроопределения следующий:

```
@ [ИМЯ МАКРООПРЕДЕЛЕНИЯ]
  . . .
  . . .
СТРОКИ ТЕКСТА, СОСТАВЛЯЮЩИЕ МАКРООПРЕДЕЛЕНИЕ
  . . .
  . . .
/
```

Особенностью макроаппарата на базе УМГ является то, что в макроопределении не пишется список параметров, соответствующий списку в макровызове. Параметры в макроопределении записываются под своими номерами в виде

[НОМЕР ПАРАМЕТРА]

Параметры в макроопределении имеют следующие обозначения:

#1 — первый параметр, соответствует первому в списке макровызова.

#2 — второй параметр, соответствует второму в списке макровызова.

N — и т. д.

Таким образом, можно представить соответствие фактических параметров (в макровызове) формальным (в макроопределении) следующей схемой:

```
> [ИМЯ МАКРО]; ПАР1; ПАР2; ...ПАРN
                 ↓     ↓      ↓
                # 1   # 2    #N
```

Номера формальных параметров, используемых в макроопределении, должны строго соответствовать номерам фактических параметров в строке макровызова.

Пример. Нужно написать макроопределение, которое при вызове вычисляло бы расстояние между заданными точками. Идентификаторы точек задаются в макровызове. Вычисленное расстояние для контроля должно распечатываться на консоли. Пусть называется макроопределение МАКАК. В файл макробиблиотеки вставляют редактором само макроопределение:

```
@ МАКАК
# 3 = FK ((FX (#1) — FX (# 2)) ∧2 + (FY (#1) — FY (#2)) ∧ 2)
VIVOD, #3
 /
```

Вызвать такое макроопределение из своей программы можно так:

```
> МАКАК; T1; T2; A
```

где T1 и T2 — точки, расстояние между которыми вычисляется; A — возвращаемое в программу значение расстояния.

Таким образом, в процессе работы макрогенератора произойдет замена формальных параметров на фактические:

```
# 1 БУДЕТ ЗАМЕНЕНО НА T1
# 2                   T2
# 3                   A
```

Результатом работы макрогенератора будет следующий фрагмент, вставленный в исходный текст (файл IP1.TXT):

```
. . .
A = FK ((FX (T1) — FX(T2)) /\ 2 + (FY (T1) — FY(T2)) /\ 2)
VIVOD, A
. . .
```

При редактировании макробиблиотеки вставлять новое макроопределение можно в любом месте, но так, чтобы оно не попало в ранее записанное макроопределение. В макробиблиотеке может быть несколько макроопределений под одним именем — макрогенератор всегда будет работать с первым встреченным по тексту макробиблиотеки.

Все идентификаторы и метки, использованные в макроопределении, действуют в вызывающей его программе. Нужно следить за тем, чтобы при многократно вызове одного макроопределения не возникли многократные метки. Повторяющиеся метки нужно записывать как параметр.

Допускаются макровызовы без параметров, например:

МАКРОВЫЗОВ:

```
> T0LXY
```

МАКРООПРЕДЕЛЕНИЕ:

```
@ T0LXY
T0 > 0, 0
LX > T0, 0
LY > T0, 90
/
```

Имеется возможность работать с вложенными макровызовами. Уровень вложения не ограничен. Если из одного макроопределения нужно вызвать несколько других, то их имена также можно передавать как параметр, например:

МАКРОВЫЗОВ:

```
> ZOMBI; A; B; C
```

МАКРООПРЕДЕЛЕНИЕ:

```
@ ZOMBI
. . .
> # 1
. . .
> # 2
. . .
> # 3
. . .
/
```

Макрогенератор работает как предпроцессор к основному транслятору системы. После работы макрогенератора формируется файл IP1.TXT, содержащий результат макрогенерации. Этот файл транслируется обычным транслятором системы.

ДИАГНОСТИКА ОШИБОК, ОБРАБАТЫВАЕМЫХ ТРАНСЛЯТОРОМ

Транслятор выдает на экран дисплея сообщение об ошибке в виде: ошибка (код ошибки), в строке (номер строки), строка с ошибкой (текст строки). Кроме этого, выдается дополнительная информация, облегчающая диагностику ошибки, и позволяющая по коду ошибки определить ее причину. Коды основных ошибок приведены ниже:

1 — ошибка в инструкции присваивания: слева от знака «-» должна быть скалярная переменная (не идентификатор точки, окружности прямой, не ключевое слово);

2 — в программе нет инструкции КО, при обнаружении этой ошибки дальнейшая трансляция невозможна;

3 — неверный ограничитель в конце инструкции присваивания (должно быть: (ВК) или пробел);

4, 5 — резервный номер;

6 — синтаксическая ошибка в выражении: а) элемент не является идентификатором скалярной переменной; б) элемент является ключевым словом; в) использован русский регистр;

7 — нераспознанная инструкция (неверное написание);

8 — недопустимо повторное объявление скалярного или геометрического массива без применения инструкции GMAS (только для геометрических массивов):

9 — объявлено больше 5 скалярных массивов;

10 — не объявлен скалярный массив;

11 — общий объем всех зарезервированных скалярных массивов превышает 500 элементов;

12 — индекс переменной в любой части инструкции присваивания или геометрического определения меньше или равен нулю;

13 — индекс переменной в левой части инструкции присваивания или геометрического определения превышает границы зарезервированного массива;

14 — ссылка на несуществующую метку;

15 — уровень вложения подпрограммы больше трех;

16 — возвратов из подпрограмм больше, чем вызовов;

17 — количество определенных точек (прямых, окружностей) больше 500;

18 — не определена геометрическая переменная;

19 — объявлено больше 10 геометрических массивов (при необходимости объявить больше массивов следует использовать инструкцию GMAS);

20 — размерность геометрического массива больше 1000 элементов;

21 — используемый геометрической массив не объявлен;

22 — прямые не пересекаются;

23 — прямая и окружность не пересекаются;

24 — неправильный модификатор;

25 — прямая и окружность не касаются;

26 — две окружности не пересекаются;

27 — две окружности не касаются;

28 — две прямые не параллельны;

29 — неверное положение точки;

30 — центры окружностей совпадают;

31 — три точки лежат на одной прямой;

32 — а) неправильный модификатор,

б) нет пересечения элементов;

33 — неверное устройство ввода (может быть только НМД);

34 — а) аргумент канонической функции не является точкой;

б) аргумент является неопределенной точкой;

35 — многократная метка;

36 — точка лежит на прямой;

37 — неверно задан радиус;

38 — неверное взаимное положение окружностей;

39 — разрывная траектория (расстояние от точки центра окружности до точки начала не равно расстоянию от точки центра до точки конца окружности);

40 — повторное использование имени списка;

41 — список под таким именем не объявлен;

42 — память списков переполнена;

43 — объем массива при объявлении сплайна превышает допустимый;

44 — сплайн под таким именем уже объявлен;

45 — сплайн под таким именем еще не объявлен;

46 — последовательность точек в массиве задана неверно;

47 — прямая и список не пересекаются;

48 — недопустимая точность интерполяции;

49 — крайние точки спирали Архимеда заданы неверно.

Коды ошибок при трансляции подвыражений:

401 — нет операнда в выражении;

402 — нет закрывающей скобки;

403 — нет знака;

404 — отрицательный показатель степени;

405 — деление на нуль;

406 — нет открывающей скобки;

407 — подкоренное выражение меньше нуля;

408 — тангенс указанного угла не существует;

409 — значение индекса скалярной переменной меньше или равно нулю;

410 — значение индекса скалярной переменной больше допустимого;

411 — арифметическое выражение не должно быть аргументом канонической функции.

Коды ошибок фазы расчета эквидистанты:

301 — радиус окружности меньше радиуса инструмента;

302 — прямая и окружность не пересекаются;

303 — две окружности не пересекаются;

304 — а) нет инструкции выключения эквидистанты; б) нет участка отхода.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Функции команд

Наименование	Функция
APERTURE	Управляет размером прямоугольной мишени для фиксации объектов
ARC	Вычерчивает дуги любого размера
AREA	Находит площадь прямоугольника и его периметр
ARRAY	Порождает несколько копий выбранных объектов в прямоугольной или круглой структуре
ATTDEF	Создает графический примитив, описывает атрибут для текстовой информации, связанной с определением блока
ATTDISP	Управляет видимостью графических примитивов (Атрибут на глобальной основе)
ATTEDIT	Позволяет выполнять редактирование Атрибутов
ATTEXT	Извлекает соответствующие Атрибуту данные из чертежа
AXIS	Отображает на экране графического монитора «направляющую линию»
BASE	Специфицирует начало отсчета для последующей вставки в другой чертеж
BLIPMODE	Управляет отображением на экране маркерных меток для выбора точек
BLOCK	Формирует общий объект из части текущего чертежа
BREAK	Стирает часть объекта или производит его разбиение на два объекта
CHAMFER	Создает фаску на пересечении двух линий
CHANGE	Изменяет свойства выбранных объектов
CIRCLE	Вычерчивает окружности любого размера
COPY	Вычерчивает копии выбранных объектов
DELIST	Выводит информацию из базы данных по каждому входящему в состав чертежа графическому примитиву
DELAY	Задерживает выполнение следующей команды на указанное время (сценарии команд)
DIM	Проставляет размеры на чертеже
DIST	Находит расстояние между двумя точками
DRAGMODE	Позволяет управлять средством динамического специфицирования (выполнять «протягивание» изображения) для команд
DXBIN	Вставляет в чертеж специальным образом закодированные двоичные файлы (команда специального назначения предназначена для таких программ, как CAD/CAMERA)
DXFIN	Загружает файл обмена чертежами
DXOUT	Осуществляет запись файла обмена чертежами
ELEV	Устанавливает возвышение и величину превышения для вычерчивания впоследствии графических примитивов Используется в трехмерных визуализациях
END	Выходит из редактора чертежей после записи на диск обновленного чертежа
ENDREP	Используется с командой REPEAT для определения группы повторения

Наименование	Функция
ENDSV	Выходит из редактора чертежей после записи на диск обновленного чертежа и текущего изображения на экране дисплея
ERASE	Производит стирание графических примитивов с чертежа
FILES,	Выполняет утилиты по работе с дисковыми файлами
FILL	Управляет автоматической заштриховкой (заполнением) на экране и при выводе на графопостроитель Тел, Трасс и толстых Ломаных линий
FILLET	Осуществляет построение плавной дуги заданного радиуса (сопряжения) между двумя линиями
GRAPHSCR	Осуществляет переключение на графический режим в системах с одним экраном, используется в сценариях команд и в меню
GRID	Отображает на экране точечную сетку с нужной разрядкой
HATCH	Выполняет вычерчивание косой штриховки и узоров
HELP	Отображает на экране список допустимых команд и опций ввода данных или консультативную информацию по конкретной команде
HIDE	Регенерирует трехмерную визуализацию с удалением «невидимых» линий
ID	Отображает на экране координаты заданной точки
INSERT	Вставляет копию ранее вычерченного фрагмента (объекта) в текущий чертеж
ISOPLANE	Выбирает плоскость изометрической экранной сетки в качестве «текущей» плоскости для ортогонального чертежа
LAYER	Создает поименованные уровни чертежа и закрепляет за этими уровнями цвет и тип линий
LIMITS	Изменяет границы чертежа и контролирует соблюдение этих границ
LINE	Вычерчивает прямые линии любой длины
LINETUPE	Определяет типы линий (последовательности чередующихся сегментов линий и пропусков) и загружает их из библиотек
LIST	Выдает информацию из базы данных по выбранным объектам
LOAD	Загружает файл определяемых пользователем форм, который должен использоваться по команде SHAPE
LTSCALC	Задает масштабный коэффициент для применения его ко всем типам линий в пределах чертежа
MENU	Загружает файл команд редактора чертежей в области меню (экрана, планшета и кнопок)
MIRROR	Формирует отражение указанных графических примитивов относительно задаваемой пользователем оси
MOVE	Перемещает указанные примитивы в другое место
MSLIDE	Формирует файл слайда из текущего изображения на экране графического монитора
OOPS	Восстанавливает стертые графические примитивы
ORTNO	Ограничивает вычерчивание по команде LINE таким образом, что могут вводиться только те линии, которые выравнены по экранной сетке
OSNAP	Привязывает точки в точности к опорным точкам существующих объектов
PAN	Передвигает окно на экране дисплея
FEDIT	Позволяет осуществлять редактирование ломаных линий
FLINE	Вычерчивает связанные между собой сегменты линий и дуг с факультативно задаваемыми толщиной и конусностью

Наименование	Функция
PLOT	Выводит чертеж на перьевой графопостроитель
POINT	Вычерчивает единичные точки
PRPLOT	Выводит чертеж на печатающее устройство с графическими возможностями
PURGE	Удаляет с чертежа неиспользуемые Блоки, Типы текстовых штифтов, Уровни или Типы линий
QTEXT	Обеспечивает идентификацию примитивов Текст без вычерчивания деталей текста
QUIT	Организует выход из редактора чертежей и возврат к главному меню системы AutoCAD с игнорированием любых внесенных в чертеж изменений
REDRAW	Восстанавливает или подправляет изображение на экране
REGEN	Регенерирует весь чертеж
REGENAU	Позволяет контролировать автоматическую регенерацию чертежей, выполняемую другими командами
RENAME	Изменяет имена, относящиеся к типам текстовых шрифтов, поименованным видам, уровням, типам линий и блокам
REPEAT	Используется с командой ENDREP для вычерчивания прямоугольных текстур, состоящих из одного или более примитивов
RESUME	Восстанавливает прерванный «сценарий» выполнения команд
RSCRIPT	Выполняет повторный запуск с самого начала командного «сценария»
SAVE	Осуществляет обновление текущего файла чертежа без выхода из редактора чертежей
SCRIPT	Запускает определяемую «сценарием» последовательность команд
SHAPE	Вычерчивает заранее определенные формы
SHELL	Обеспечивает доступ к другим программам в процессе работы с системой AutoCAD
SKETCH	Позволяет выполнять эскиз «от руки»
SNAP	Указывает интервал «округления» для ввода точек с цифрового устройства, за счет чего графические примитивы могут достаточно легко помещаться точно в заданное место
SOLID	Вычерчивает заштрихованные (заполненные) многоугольники
STATUS	Отображает на экране статистическую информацию по текущему чертежу
STYLE	Создает поименованные типы текстовых шрифтов с выбираемым пользователем комбинации шрифта, зеркального отражения, наклона и горизонтального растяжения знаков
TABLET	Выравнивает цифровой планшет по координатам построенного на бумаге чертежа для точного снятия копии при помощи системы
TEXT	Вычерчивает любым выбранным типом шрифта символы текста любого размера
TEXTSCR	Выполняет быстрое переключение на изображение в текстовом режиме в системах с одним экраном Используется в командных «сценариях» и в меню
TRACE	Вычерчивает сплошные линии (трассы) заданной толщины
UNITS	Выбирает координатные и угловые форматы изображения на экране и точность
VIEW	Записывает на диск текущее графическое изображение в качестве поименованного вида или восстанавливает записанный ранее на диск вид на экране
VPOINT	Выбирает точку зрения для трехмерной визуализации
VSLIDE	Отображает на экране созданный ранее слайдовый файл
WELOCK	Осуществляет запись выбранных графических примитивов в файл на диске
ZOOM	Изменяет масштаб изображения чертежа на экране дисплея, давая крупный или мелкий план

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Автоматизированное** проектирование гибких производственных систем / А. И. Левин, Л. Ю. Лищинский, С. В. Пичев и др.// Станки и инструмент.—1987.— № 3.— С. 4—7.

2. **Автоматизированное** проектирование и производство в машиностроении / Ю. М. Соломенцев, В. Г. Митрофанов, А. Ф. Прохоров и др.; Под ред. Ю. М. Соломенцева, В. Г. Митрофанова.— М. : Машиностроение, 1986.— 256 с.

3. **Вострикова З. П., Митин С. Т.** Курс операторного обслуживания ОС ЕС ЭВМ : Учеб. пособие.— 2-е изд., перераб. и доп.— М. : Наука, 1986.— 320 с.

4. **Грувер М., Зиммерс Э.** САПР и автоматизация производства.— М. : Мир, 1987.— 450 с.

5. **Камаев Ю. Н., Шевчук Ю. В.** Интерактивная система автоматизированного проектирования управляющих программ для станков и роботов с ЧПУ «ИНТЕР-САП» // Технология и автоматизация машиностроения.— 1988.— № 41.— С. 50—61.

6. **Карберри П. Р.** Персональные компьютеры в автоматизированном проектировании.— М. : Машиностроение, 1989.— 150 с.

7. **Картавов С. А.** Технология машиностроения.— К. : Вища шк., 1984.— 271 с.

8. **Классификатор** технологических операций в машиностроении и приборостроении.— М. : Изд-во стандартов, 1975.— 23 с.

9. **Маликов О. Б.** Склады гибких автоматизированных производств.— Л. : Машиностроение. Ленинград. отд-ние, 1986.— 188 с.

10. **Методика** (основные положения) определения экономической эффективности использования в народном хозяйстве новой техники, изобретений и рационализаторских предложений.— М. : Статистика, 1977.— 54 с.

11. **Методика** расчета экономической эффективности программных средств вычислительной техники.— М. : Статистика, 1986.— 56 с.

12. **Общеотраслевые** методические материалы по определению экономической эффективности систем автоматизированного проектирования в проектных, проектно-конструкторских и технологических организациях, в основном производстве и капитальном строительстве.— М. : ГКНТ, 1985.— 57 с.

13. **Программное** обеспечение персональных ЭВМ. Справочное пособие / Под ред. Стогния А. А.— К. : Наук. думк., 1989.— 270 с.

14. **Пуховский Е. С.** Технологические основы гибкого автоматизированного производства.— К. : Вища шк., 1989.— 238 с.

15. **Пуховский Е. С., Мясников Н. Н.** Технология гибкого автоматизированного производства.— К. : Техніка, 1989.— 208 с.

16. **САПР** изделий и технологических процессов в машиностроении./ Р. А. Аллик, В. И. Бородянский, А. Г. Бурин и др.; Под общ. ред. Р. А. Аллика.— Л. : Машиностроение. Ленинградс. отд-ние, 1986.— 319 с.

17. **САПР.** Типовые математические модели и алгоритмы расчета оптимальных режимов одноинструментальной обработки металлов резанием.— М. : ВНИИНМаш Госстандарта, 1985.— 120 с.

18. **Типовые** нормы времени на разработку технологической документации.— М. : Экономика, 1988.— 76 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ



2 р.

СПРАВОЧНИК